: https://dx.doi.org/10.22067/jgrd.2023.77411.1158
مقالهٔ پژوهشی

کاربرد دمای احساسی مبتنی بر تئوری نسبت طلایی در ارزیابی شرایط آسایش انسانی کلان‌شهرهای ایران

محمد باعقیده (دانشیار اقلیم شناسی، گروه آب وهواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران، نویسندهٔ مسئول)
m.baaghideh@hsu.ac.ir
فاطمه میوانه (دانش آموخته دکتری اقلیم شناسی شهری، گروه آب وهواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران)
fmayvaneh@yahoo.com

صص ١٦٣ ـ ١١٩

چکیده

احساس راحتی انسان تا حد درخور توجهی به فراسنج‌های آب و هوایی و البته ویژگی‌ها جغرافیایی بستگی دارد. پژوهش‌های معدودی وجود دارد که نقش این دو دسته از عوامل را در کنار هم در مبحث آسایش انسانی در نظر گرفته باشند. پژوهش حاضر با این دیدگاه تلاش دارد سطوح مختلف آسایش انسانی را با استفاده از شاخص دمای احساسی مبتنی بر تئوری نسبت طلایی در کلان‌شهرهای ایران ارزیابی کند. پارامترهای دمای کمینه و بیشینه رطوبت کمینه و بیشینه، بارش و میانگین سرعت باد در گام زمانی روزانه برای ١٣ کلان‌شهر ایران برای دوره آماری (٢٠٢٠-١٩٩١) از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد و در محاسبه شاخص «دمای احساسی» (ST) استفاده شد. این شاخص مبتنی بر «تئوری نسبت طلایی» و «دمای بهینه آسایش واقعی» (AOCT) طراحی شده است و از قابلیت‌های مهم آن انعطاف‌پذیری قابل‌توجه نسبت به تغییرات عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل است. نتایج نشان داد، همبستگی قابل‌توجه (٠/٨٦٧-) معکوس و معنادار (α<٠/٠١) بین

تاریخ دریافت: ١٤٠١/٠٤/٠٧ تاریخ تصویب: ١٤٠١/١٠/١٨

عرض جغرافیایی و دمای بهینه آسایش وجود دارد و این ارتباط برای پارامتر ارتفاع نیز با ضریب (۰/٦۰۷-) در سطح (α<۰/۰۵) معنادار بود. شهرهای بندرعباس و اهواز بیشترین درصد فراوانی احساس حرارتی داغ و تبریز بیشترین درصد فراوانی روزهای خیلی‌سرد را داشتند. بیشترین توزیع ماهانه شرایط آسایش حرارتی برای شهر رشت برآورد شد. برای فصل تابستان، شهر تبریز با مجموع ۲۱ درصد شرایط آسایشی، با اختلاف، وضعیت بهتری در بین دیگر شهرها دارد؛ درحالی‌که اهواز، بندرعباس، کرمان و یزد هیچ موردی از هیچ‌یک از سطوح آسایشی را در این فصل تجربه نکرده‌اند. بیشترین درصد فراوانی شرایط آسایش کامل برای فصل پاییز برآورد شده است؛ به‌گونه‌ای‌که در ۹ مورد از ۱۳ شهر، آستانه غالب بوده است. استفاده از تمام فراسنج‌های اصلی آب و هوایی و امکان اعمال تصحیحات متنوع، قابلیت استفاده در گستره درخور توجهی از عرض‌های جغرافیایی و مناطق با ارتفاع متفاوت را برای شاخص ST فراهم آورده است.

کلیدواژه‌ها: آسایش انسانی، تئوری نسبت طلایی، دمای احساسی، کلان‌شهرهای ایران.

۱. مقدمه

بررسی اثرات شرایط آب و هوایی و تغییرات آن بر فیزیولوژی بدن انسان از هزاران سال پیش مطرح بوده است. امروزه نیز این اثرگذاری با در نظر گرفتن شرایط آسایش برای زیست انسان در همه ابعاد سلامتی و بهداشتی آن مطالعه می‌شود که این موضوع مهم از طریق کاربرد شاخص‌های آسایشی امکان‌پذیر شده است. براساس گزارش‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)، فرکانس وقوع رویدادهای شدید هوا–اقلیم افزایش می‌یابند و مخاطرات هواشناسی مانند موج گرما و آسیب‌های ناشی از سرما سلامت جمعیت مرتبط را تهدید می‌کند (لانگین[1]، ۲۰۱٦، ص. ۲۵۰). براساس این تقاضا، برآورد منطقی سطح آسایش آب و هوای شهری به یکی از کانون‌های مطالعاتی تغییرات آب و هوایی تبدیل شده است. از نظر فیزیولوژیک، شرایط آسایش حرارتی محدوده‌ای از دما و رطوبت است که در آن مکانیسم تنظیم حرارت

1. Longin

بدن در کمترین فعالیت خود باشد. براساس تعریف استاندارد آشرا (ANSI[۱]/ASHRAE[۲]) آسایش حرارتی «شرایط ذهنی است که رضایت از محیط حرارتی-رطوبتی را نشان می‌دهد و از طریق برداشت‌های ذهنی ارزیابی می‌شود» (والری[۳] و همکاران، ۲۰۱۷، ص. ۱۷۲). بررسی وضعیت بیوکلیمایی انسانی، پایه و اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها در زمینه معماری، گردشگری، بهداشت و درمان است. شرایط آب و هوایی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فعالیت روزانه و طولانی مدت انسان است و نبود آسایش حرارتی به‌صورت یک پدیده دوقطبی نبود آسایش سرد تا گرم ظاهر می‌شود. امروزه مطالعه تأثیر وضعیت آب و هوا بر سلامتی، عملکرد و رفتار انسانی در قالب یکی از شاخه‌های علمی با عنوان «زیست‌اقلیم انسانی» مطالعه و بررسی می‌شود (بارتن[۴] و همکاران، ۲۰۰۹، ص. ۱٦۵). آسایش و نبود آسایش حرارتی انسان از طریق شاخص‌های تئوری و تجربی زیادی محاسبه می‌شود که داده‌های ورودی این شاخص‌ها بسیاری از عناصر آب و هوایی از جمله سرعت باد، درجه حرارت، رطوبت وتابش خورشید است (تسیلو[۵] و همکاران، ۲۰۱۰، ص. ۱۳٤۵).

در غالب شاخص‌های ارائه‌شده تمرکز اصلی بر عناصرآب و هوایی (دما، رطوبت، باد....) بوده است، اما واقعیت این است که علاوه‌بر این عناصر، ویژگی‌ها جغرافیایی (عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل) نیز نقش مهمی در شرایط آسایش انسان دارند و می‌توانند پاسخ‌های فیزیولوژیک انسان را متأثر کنند؛ با وجود این، در تعداد چشمگیری از شاخص‌ها مدنظر قرار نگرفته‌اند که از این گروه می‌توان به شاخص‌های THI[۶]، CPI[۷]،WCI[۹],AT[۸] ..، اشاره کرد. در این دسته از شاخص‌ها که به شاخص‌های تجربی معروف هستند (ذوالفقاری، ۱۳۹۵)، برآورد دمای احساسی تا حد درخور توجهی متأثر از ذهنیت افراد است که این امر نیز

1. American National Standards Institute
2. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
3. Vellei
4. Burton
5. Tseliou
6. Temperature Humidity Index
7. Cooling power index
8. Apparent Temperature
9. Wind Chill Index

به‌شدت در کنترل ویژگی‌های محلی است؛ بنابراین نتایج (آستانه‌ها و احساس حرارتی متناظر) نمی‌توانند با اطمینان در دیگر مناطق جغرافیایی استفاده شود.

گروه دیگر از شاخص‌ها، براساس بیلان انرژی بدن انسان طراحی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به PMV[۱]، PET[۲] و SET[۳] اشاره کرد. این شاخص‌ها از نظر تئوری کامل‌تر هستند، اما طراحی مدل در آن‌ها بسیار پیچیده است و برخی از متغیرهای موردنیاز در فرمول‌های محاسباتی (مانند دمای تابشی) به‌راحتی از داده‌های روزانه ایستگاه‌های هواشناسی دریافت‌شدنی نیستند. علاوه بر این، ویژگی‌های جغرافیایی معمولاً به‌عنوان عامل اصلی وارد معادلات نشده‌اند و وزن واقعی خودرا نیز ندارند؛ به‌گونه‌ای‌که با تغییر این ویژگی‌ها تفاوت محسوسی در نتایج حاصل نمی‌شود. وانگ[۴] و همکاران (۲۰۱۳)، یوآن[۵] و همکاران (۲۰۲۱، ص. ۱۵٤) تئوری نسبت طلایی را در حوزه هواشناسی پزشکی و سلامت استفاده کردند؛ بر این اساس، دمای آسایش بهینه واقعی با توجه به دمای بدن انسان مطرح شد و سپس با اعمال اثرات ویژگی‌های جغرافیایی (عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل) شاخص دمای احساسی (ST)[۶] معرفی شد. در برآورد دمای احساسی، ضمن اینکه مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی استفاده می‌شود، تلاش شده است سهم اثرگذاری این متغیرها در شرایط متفاوت (دماهای بالاتر یا پایین‌تر از دمای بهینه آسایش و روزهای بارشی و غیر بارشی) اصلاح شود.

هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی جامع از شرایط آسایش انسانی در کلان‌شهرهای ایران است؛ به‌گونه‌ای‌که علاوه‌بر فراسنج‌های آب وهوایی، ویژگی‌های جغرافیایی نیز د راین ارزیابی لحاظ شوند. در این مسیر اهداف مرحله‌ای ذیل مدنظر خواهند بود:

- برآورد دمای بهینه آسایش واقعی مبتنی بر تئوری نسبت طلایی برای کلان‌شهرهای ایران؛

1. predicted mean vote
2. Physiologal Equivalent Temperature
3. Standard Effective Temperature
4. Wang
5. Yuan
6. Somatosensory Temperature

- معرفی و به‌کارگیری شاخص دمای احساسی (st) به‌عنوان یک نمایه با قابلیت کاربرد جهانی؛
- تحلیل و مقایسه خروجی مقادیر محاسبه‌شده در مسیر دستیابی به توزیع ماهانه و فصلی شرایط آسایش در شهرهای منتخب.

۲. پیشینۀ تحقیق

در نیم‌قرن اخیر، روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای بررسی درجه تأثیر فراسنج های آب و هوایی بر فیزیولوژی بدن انسان ابداع شده است و سنجش شرایط آسایش و راحتی انسان مورد نظر پژوهشگران متعدد، در جغرافیای متنوع جهان بوده است. از پیشگامان این مسیر باید به اولگی اشاره کرد که در دهه شصت با ارائه نمودار زیست‌اقلیمی به تعیین نقش جداگانه و مشخص عوامل پرداخت. او براساس آزمایش‌ها و محاسباتی که در چهار منطقه مختلف اقلیمی آمریکا انجام داد، نتیجه گرفت که نیاز به ظرفیت و مقاومت حرارتی مناطق یکسان نیست. در همین دهه، گیونی نیز نمودار بیوکلیمایی را ارائه کرد. ترجونگ[1] (۱۹٦۸) تقسیم‌بندی بیوکلیمایی را مطرح کرد و طی آزمایش‌های متعددی که روی انسان انجام داد، حاصل آن را به‌صورت نمودارهای کاربردی ارائه کرد.

در ادامه پژوهشگران دریافتند که بیان کیفیت پارامترهای محیطی یک منطقه و اثرات آن در آسایش با توجه به برخورداری آن از فراسنج‌های متعدد تاحدودی ممکن است؛ بنابراین باید این پارامترها به‌صورت شاخص‌هایی ارائه شوند که واکنش افراد را به شرایط نامناسب نشان دهند و در یک طبقه‌بندی کمی درجاتی از عالی تا غیرقابل‌قبول را در بر گیرند. این شاخص‌ها تفسیر تأثیرات پیچیده عناصر محیطی گوناگون را آسان‌تر می‌کنند و امکان مقایسه مکان‌های مختلف از این دیدگاه را فراهم می‌آورند (دی فراتس[2]، ۲۰۰۳، ص. ٤۵)؛ به این ترتیب، شاخص آسایش انسان از آن دسته مفاهیمی شد که به‌طور گسترده‌ای مدنظر قرار گرفت و تاکنون بیش از ۱٦۵ شاخص آسایش حرارتی برای اندازه‌گیری شرایط راحتی انسان طراحی و

1. Terjung
2. de Freita

معرفی شده است (کوکولو[1] و همکاران، ۲۰۱٦، ص. ۳۳، پوچر[2] و همکاران، ۲۰۱۸، ص. ۳۹۰).

ابتدا شاخص‌های تجربی توجه محققان را به خود جلب کرد و مطالعات گسترده‌ای براساس این دسته از شاخص‌ها در جهان انجام شد (هونام، ۱۹٦۷؛ بلیزی چک، ۲۰۰۵؛ اسماعیل و همکاران، ۲۰۰۹؛ روبرت و همکاران، ۲۰۱۲؛ وان دانا و همکاران، ۲۰۱۵). در ادامه، با امکان استفاده تخصصی‌تر از رایانه و ابداع نرم‌افزارهای مرتبط، امکان ارائه شاخص‌هایی فراهم شد که بیلان انرژی بدن را در محاسبات لحاظ می‌کردند و پژوهش‌های زیادی انجام شد؛ ازجمله چنگ[3] و همکاران (۲۰۱۲، ص. ٤۳) آسایش حرارتی هنگ‌کنگ را با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک و میانگین رأی پیش‌بینی‌شده مطالعه کردند. آن‌ها اثر تغییر شرایط باد و تابش خورشیدی را بر احساس دمایی افراد در منطقه بررسی کردند و نتایج پژوهش به‌صورت روابط ریاضی ارائه شد.

ناستس[4] و ماتزارکیس[5] (۲۰۱۲، ص. ۵۹۱) نقش اقلیم در مرگ‌ومیر شهر آتن را با استفاده از شاخص آسایش اقلیمی pmv بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد، ارتباط معنادار و خطی بین مرگ‌ومیر و افزایش سطح تنش‌های شاخص‌های آسایش اقلیمی وجود دارد.. یاهیا[6] و جانسون[7] (۲۰۱۳، ص. ٦۱۵) به مقایسه نتایج شاخص‌های حرارتی مختلف در محیط‌های شهری و در هوای آزاد شهر گرم و خشک سوریه پرداختند. آن‌ها با توجه به آستانه بالا و پایین هرکدام از شاخص‌ها، رتبه‌های مختلف آسایش اقلیمی را برآورد کردند. پس از اینکه وانگ[8] و همکاران (۲۰۱۳) تئوری نسبت طلایی را در حوزه هواشناسی پزشکی و سلامت توسط مطرح کردند، شاخص دمای احساسی (ST) مبتنی بر دمای آسایش بهینه واقعی با

1. Coccolo
2. Potchter
3. Cheng
4. Nastos
5. Matzarakis
6. Yahia
7. Johansson
8. Wang

اعمال اثرات ویژگی‌ها جغرافیایی (عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل) معرفی شد. ژانگ[1] و همکاران (۲۰۲۰) نیز به‌خوبی از قابلیت‌های این شاخص در برآورد شرایط آسایش انسانی متأثر از عوامل ترکیبی هواشناسی–آلودگی هوا برای شهرهای منتخب چین استفاده کردند.

ارتباط شرایط فیزیولوژیک بدن انسان با فراسنج‌های آب و هوایی (دما، رطوبت، سرعت باد و...) فراتر از یک رابطه خطی ساده یا حتی چندگانه است؛ بنابراین در طرح مفهوم دمای بهینه آسایش باید تصحیحات مهم با در نظر گرفتن ویژگی‌های محلی از منظر عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و فصل لحاظ شود. در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با استفاده از قاعده نسبت طلایی و برآورد دمای احساسی (ST) که خود به‌طور مشخص متأثر از تغییر در ویژگی‌ها محلی است، شرایط تنش و آسایش حرارتی برای کلان‌شهرهای ایران ارزیابی شود.

۳. روش‌شناسی تحقیق

۳. ۱. داده‌ها

سیزده کلان‌شهر از سراسر ایران با توجه به تنوع آب و هوایی و اختلاف در ویژگی‌ها جغرافیایی (عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع) انتخاب شدند (جدول ۱). مجموعه داده‌های هواشناسی برای این کلان‌شهرها از داده‌های دیدبانی (ایستگاه‌های سینوپتیک) سازمان هواشناسی کشور به‌صورت روزانه استخراج شد. این داده‌ها شامل دمای کمینه وبیشینه، بارش، رطوبت نسبی کمینه و بیشینه و میانگین سرعت باد است. بررسی همگنی داده‌ها با روش جرم مضاعف انجام شد و بازه آماری ۱۹۹۱–۲۰۲۰ به‌عنوان دوره آماری مشترک انتخاب شد.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استفاده‌شده در پژوهش

مأخذ: سازمان هواشناسی ایران، ۱۴۰۰

ایستگاه سینوپتیک	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	دوره آماری
مشهد	۳۶/۲۳	۵۶/۶۳	۹۹۹/۲	۱۹۵۱–۲۰۲۱
تهران	۳۵/۶۹	۵۱/۳۰	۱۱۹۱	۱۹۵۱–۲۰۲۱

1. Zhang

ایستگاه سینوپتیک	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	دوره آماری
اصفهان	۳۲/۵۱	۵۱/۷۰	۱۵۵۰/٤	۲۰۲۱-۱۹۵۱
تبریز	۳۸/۱۲	٤٦/۲٤	۱۳٦۱	۲۰۲۱-۱۹۵۱
شیراز	۲۹/۵٦	۵۲/٦۰	۱٤۸۸	۲۰۲۱-۱۹۵۱
اهواز	۳۱/۳٤	٤۸/۷٤	۲۲/۵	۲۰۲۱-۱۹۵۱
اراک	۳٤/۰۷	٤۹/۷۸	۱۷۰۲/۸	۲۰۲۱-۱۹۵۵
رشت	۳۷/۳۲	٤۹/٦۲	-۸/٦	۲۰۲۱-۱۹۵٦
یزد	۳۱/۹۰	۵٤/۲۸	۱۲۳۰/۲	۲۰۲۱-۱۹۵۲
همدان	۳٤/۸٦	٤۸/۵۳	۱۷٤۰/۸	۲۰۲۱-۱۹۵۷
کرمان	۳۰/۲۵	۵٦/۹٦	۱۷۵٤	۲۰۲۱-۱۹۵۱
بندرعباس	۲۷/۲۱	۵٦/۳۷	۹/۸	۲۰۲۱-۱۹۵۲
کرج	۳۵/۸۰	۵۰/۹۵	۱۲۹۲/۹	۲۰۲۱-۱۹۸۵

۳. ۲. دمای احساسی (ST)-تئوری نسبت طلایی[1]

دمای احساسی نقش مهمی در نظارت بر سیستم تنظیم حرارت بدن انسان دارد. به‌تازگی از فناوری‌های مختلفی برای اندازه‌گیری این شاخص استفاده شده است؛ مانند دماسنج‌های مقاومتی یا ترموکوپل‌های اعمال‌شده روی سطح بدن یا دماسنج‌های مادون قرمز که از نظر بالینی راحت و قابل‌اعتماد تعریف شده‌اند (ماتسوکاوا، ۱۹۹٦، ص. ۱۲۲٤). ارتباط شرایط فیزیولوژیک بدن انسان با فراسنج‌های آب و هوایی (دما، رطوبت، سرعت باد و...) فراتر از یک رابطه خطی ساده یا حتی چندگانه است؛ بنابراین در طرح مفهوم دمای بهینه آسایش واقعی (AOCT[2]) باید تصحیحات مهمی از منظر عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و فصل لحاظ شود. یکی از روش‌های معتبر در ارتباط با محاسبه AOCT روشی است که مبتنی بر تئوری نسبت طلایی ارائه شده است و به شرح ذیل است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳):

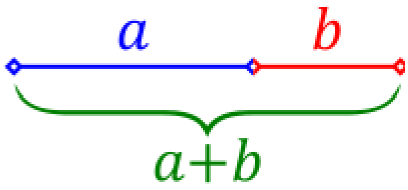
رابطه (۱):

$$AOCT = 22.7\times\left[1-0.3\sin\left(\varphi-23.5\right)\right]-\left|0.3\cos\left(15^\circ\times\left(M-1\right)\right)\right|-2\times\tan\left(H/100\right).$$

1 Golden Ratio
2. Actual Optimum Comfort Temperature

φ عرض جغرافیایی، M: ماه، H: ارتفاع از سطح دریا (متر)

براساس تئوری نسبت طلایی، هرگاه یک پاره‌خط به دو بخش تقسیم شود به‌گونه‌ای‌که بخش طولانی‌تر (a) را بر بخش کوتاه‌تر (b) تقسیم کنیم و حاصل آن برابر باشد با مجموع a و b تقسیم بر a، در این صورت یک نسبت طلایی داریم که پاسخ هر دو کسر برابر با ۱/۶۱۸ خواهد شد(فالبو[1]، ۲۰۰۵).



$$\frac{a+b}{a}=\frac{a}{b}$$

مغز ما به‌گونه‌ای طراحی شده است که گرایش بصری و احساسی آن اشیاء، تصاویر و پدیده‌هایی را ترجیح می‌دهد که در آن نسبت طلایی استفاده شده است و حتی تغییرات کوچک که باعث شود یک پدیده به نسبت طلایی نزدیک شود، تأثیرات زیادی بر گرایش و انتخاب مغز دارد؛ مثلاً طرحی با عرض ۹۶۰ پیکسل داریم که اگر آن را بر ۱/۶۱۸ تقسیم کنیم، عدد ۵۹٤ به دست می‌آید؛ به‌عبارتی، اگر ارتفاع را معادل ۵۹٤ بگیریم، یک نسبت طلایی خلق کرده‌ایم که غالب افراد آن را انتخاب می‌کنند و می‌پسندند.

با توجه به اینکه میانگین دمای نرمال بدن انسان چیزی حدود ۳۶/۷۵ است، براساس تئوری نسبت طلایی $(36.75 \div 1.618)$ پاسخ معادل ۲۲/۷ خواهد بود؛ این دمایی است که هر فرد سالم در آن احساس آسایش دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

در معادله بالا (رابطه ۱)، این دما با لحاظ کردن اثر پارامترهای عرض جغرافیایی، فصل و ارتفاع تصحیح می‌شود. در این معادله عبارت $\sin(\varphi-23.5)$ با هدف اصلاح نقش عرض جغرافیایی در برآورد دمای بهینه آسایش لحاظ شده است؛ چراکه با افزایش عرض جغرافیایی، انرژی دریافتی کاهش می‌یابد و مناطق کمبود انرژی در عرض‌های بیشتر، شکل می‌گیرند؛ بنابراین براساس عملکرد انطباقی فیزیولوژی بدن انسان در درازمدت، دمای بهینه آسایش

1. Falbo

کاهش می‌یابد. شایان ذکر است، این ضریب اصلاحی برای مناطق حاره (۲۳/۵ شمالی تا ۲۳/۵ جنوبی) کاربرد ندارد.

عبارت $\cos(15\times m-1)$ به‌عنوان ضریب اصلاحی فصل سال وارد معادله شده است. در دوره سرد سال با توجه به پایین بودن میانگین دمای هوا، دمای بهینه آسایش کمتر از دوره گرم سال است. m شماره‌ای است که برای ماه‌های سال لحاظ می‌شود. معمولاً ماهی که پایین‌ترین میانگین دمایی را دارد، عدد ۱ و برای ماهی که بیشترین میانگین دما را دارد، عدد ۱۲ منظور می‌شود؛ به این ترتیب در عبارت بالا $(\cos(15\times m-1)$ برای ماه‌های گرم‌تر ضریب مربوط عملکردی افزایشی دارد و دمای بهینه آسایش مقادیر بیشتری خواهد داشت، اما این فرایند برای دوره سرد سال برعکس خواهد بود.

عبارت $\tan\left(\frac{H}{100}\right)$ با هدف اصلاح اثر ارتفاع بر دمای آسایش بهینه لحاظ شده است. افزایش ارتفاع نیز همچون افزایش عرض جغرافیایی موجب کاهش دمای آسایش می‌شود که ناشی از عملکرد انطباقی بدن در درازمدت برای ساکنان مناطق مرتفع است. اعمال ضریب ۲ برای این عبارت حکایت از اهمیت قابل‌توجه پارامتر ارتفاع در معادله مربوط را دارد. استفاده از این ضریب اصلاحی برای ارتفاع بالاتر از ۵۰۰ متر نتایج بهتری ارائه می‌دهد؛ هرچند پژوهشگران عملکرد آن را برای مناطقی با ارتفاع پایین‌تر نیز بررسی و تأیید کرده‌اند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱). با در نظر گرفتن معادله AOCT به‌عنوان یک جزء اصلی، می‌توان معادله برآورد دمای احساسی (ST) را در دو فرم (زمانی که دمای محیط بیشتر از AOCT و زمانی که دمای محیط کمتر از AOCT باشد) ارائه کرد.

رابطه (۲):

$$When\ ta \geq AOCT,$$
$$ST = ta + a\left(\exp\left(0.05(ta-AOCT)(rh-rhs)\right)-1\right)-0.03(ta-AOCT)v.$$

رابطه (۳):

$$When\ ta < AOCT,$$
$$ST = ta - a\left(\exp\left(0.013\left(AOCT - ta\right)\left(rh - rhs\right)\right) - 1\right) - 0.01\left(AOCT - ta\right)v.$$

در معادلات بالا،

Ta: میانگین دمای هوا، α: ضریب ثابت ≅ ۱٤، v: میانگین سرعت باد (m/s)، rh: رطوبت نسبی (کسر از ۱۰)، rhs: رطوبت نسبی بهینه است که برای شرایط بارشی ۰/٦۱۸ و برای شرایط بدون بارش ۰/۵ لحاظ می‌شود.

ضریب ثابت α=۱٤، درواقع تفاوت دمای آسایش مبتنی بر تئوری نسبت طلایی (۲۲/۷) و میانگین دمای نرمال بدن انسان (۳٦/۷۵) است ($14 \cong 22.7 - 36.75$) (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). براساس فرمول ۲، دمای احساسی (ST) برای زمانی محاسبه می‌شود که دمای بهینه آسایش AOCT کمتر از دمای محیط (میانگین دمای هوا) باشد. tα ≥AOCT در این معادله اثر هم‌افزایی رطوبت با افزایش دما به‌صورت افزایش نمایی لحاظ شده است (به‌عبارت $\exp(0.05(Ta - Aoct\ )$ دقت شود)؛ بر این اساس، زمانی که رطوبت محیط بیشتر از رطوبت بهینه (در شرایط بارشی و نبود بارش) باشد، دمای احساسی (ST) افزایش خواهد یافت.

عبارت $(\ Ta - Aoct\ ) \times V$ بیان می‌کند که اثر سرمایش باد، تنها به اندازه سرعت باد مربوط نیست، بلکه تفاوت دمای محیط با دمای بهینه آسایش نیز لحاظ شده است؛ به‌گونه‌ای‌که با افزایش دمای هوای محیط نسبت به دمای بهینه آسایش، اثر سرعت باد در کاهش دمای احساسی (ST) آشکارتر خواهد بود.

در فرمول ۳، دمای احساسی (ST) برای زمانی محاسبه می‌شود که $(Ta < Aoct)$؛ به‌عبارتی دمای هوای محیط پایین‌تر از دمای آسایشی بهینه (AOCT) باشد $(Aoct - Ta)(Rh - Rhs)$. در این معادله، دمای احساسی هنوز به‌صورت مستقیم با دمای محیط متناسب است، اما اثر رطوبت بر دمای احساسی کاهشی است. ضمن اینکه این عملکرد کاهشی رطوبت با کاهش دمای هوا نسبت به دمای بهینه آسایشی افزایش می‌یابد؛

به‌عبارتی هرچه رطوبت بیشتر باشد و دمای محیط پایین‌تر از دمای آسایش بهینه (AOCT) باشد، دمای احساسی (ST) کاهش بیشتری خواهد داشت.

نقش باد نیز در هر دو معادله ۲ و ۳، درمجموع کاهشی است، اما این کاهش باز هم متناسب با اختلاف دمای هوا با دمای AOCT است. هرچه دمای هوا اختلاف بیشتری با دمای بهینه آسایش (AOCT) داشته باشد، اثر باد در کاهش دمای احساسی (ST) مشهودتر است. ضمن اینکه باید توجه داشت، این اثر کاهشی برای معادله ۲ با ضریب بیشتری (۰/۰۳) حمایت شده است. در ارزیابی عملکرد و قابلیت‌های معادلات بالا باید عنوان کرد که محاسبه دمای احساسی (ST) به‌صورت جداگانه در شرایطی که دمای محیط بالاتر و پایین‌تر از دمای بهینه آسایش است، از نقاط قوت این روش است و می‌تواند تأثیر رطوبت را بر دماهای بالا و پایین به‌گونه‌ای منطقی‌تر نشان دهد. این موضوع در ارتباط با اثرات سرعت باد نیز صدق می‌کند.

در این روش برخلاف بسیاری از مدل‌های ارائه‌شده، استفاده از تمام فراسنج‌های اصلی آب و هوایی مؤثر در شرایط آسایش انسانی، میسر شده است؛ ضمن اینکه همراهی این پارامترها در کنار ویژگی‌های مکانی و زمانی (عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل) طیف گسترده‌ای به جنبه‌های کاربردی این روش داده است.

جدول ۲. رتبه‌های مختلف ST به همراه آستانه‌ها و احساس حرارتی

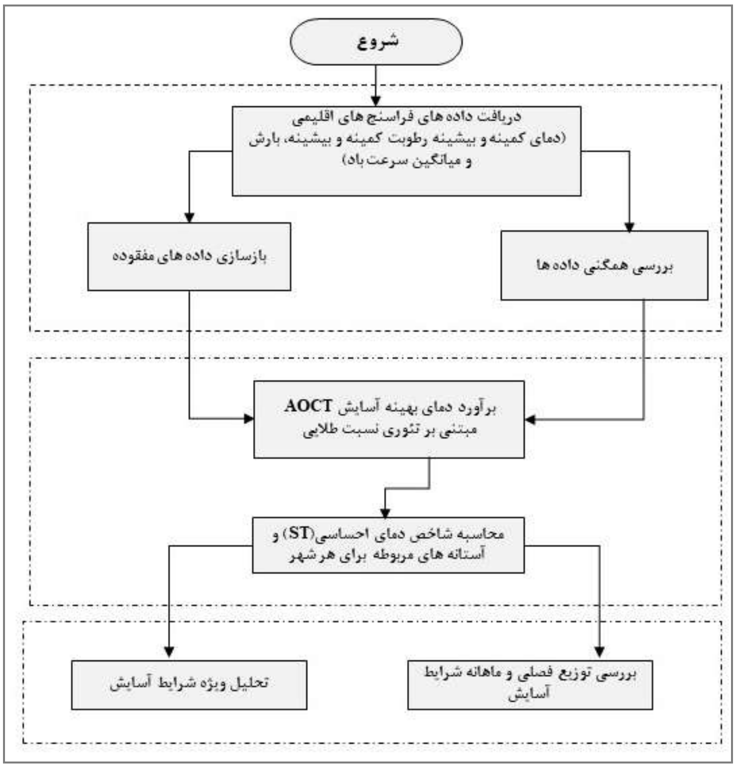
مأخذ: وانگ و همکاران، ۲۰۱۳

رتبه‌های ST	احساس حرارتی	آستانه‌ها
٤	داغ	-D*۳۱ST>
۳	خیلی‌گرم	-D۳۱-D<ST≤۲۸
۲	گرم	-D۲۸-D<ST≤۲۵
۱	گرم همراه با آسایش	-D۲۵-D<ST≤۲۲/۷
۰	آسایش	-D۲۲/۷-D<ST≤۱۸
-۱	خنک همراه با آسایش	-D۱۸-D<ST≤۱۳
-۲	خنک	-D۱۳-D<ST≤۸
-۳	کمی سرد	-D۸-D<ST≤۳

آستانه‌ها	احساس حرارتی	رتبه‌های ST
--D۳-D<ST≤۵	سرد	−٤
-D۵-D<ST≤-۱۵-	خیلی سرد	−٥
-D۱۵ST≤-	یخ‌زدگی	−٦

*D=22.7-AOCT

در جدول ۲، D=22.7-AOCT نشان‌دهنده انحراف بین دمای بهینه آسایش واقعی (با اعمال اصلاحات مربوط به عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل تنظیم شده است) و دمای بهینه آسایش تئوری است. این مقدار انحراف در راستای ارائه تنظیم پویا از دامنه ST در محدوده‌های مختلف استفاده شده است.مراحل انجام پژوهش به‌صورت خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی مراحل انجام پژوهش

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

٤. یافته‌های تحقیق

مقادیر AOCT محاسبه‌شده برای شهرهای منتخب در جدول ۳ آمده است که بالاترین مقدار دمای بهینه به شهر بندرعباس ۲۲/۲۳ و کمترین آن به تبریز مربوط است. بررسی ارتباط بین پارامترهای (جغرافیایی طول عرض و ارتفاع) با مقادیر شاخص برآوردشده نشان داد، براساس مدل همبستگی پیرسون، همبستگی قابل‌توجه (۰/۸٦۷-) معکوس و معنادار (α<۰/۰۱) بین عرض جغرافیایی و دمای بهینه آسایش وجود دارد و این ارتباط برای پارامتر ارتفاع نیز با ضریب (۰/٦۰۷-) درسطح (α<۰/۰۵) معنادار بود؛ درحالی‌که با طول جغرافیایی رابطه معنادار وجود نداشت. مطالعه خوش‌نفس و صداقت (۱۳۹٤، ۹۱) نیز مشخص کرد که شاخص سختی هوا با ارتفاع رابطه مستقیم دارد.

جدول ۳. مقادیر میانگین ماهانه AOCT

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

AOCT	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	میانگین
مشهد	55/20	56/20	59/20	63/20	70/20	77/20	85/20	92/20	00/21	06/21	11/21	14/21	82/20
اراک	54/20	55/20	58/20	63/20	69/20	76/20	84/20	92/20	99/20	05/21	10/21	13/21	81/20
اصفهان	78/20	79/20	82/20	87/20	93/20	00/21	08/21	16/21	23/21	29/21	34/21	37/21	05/21
اهواز	46/21	47/21	50/21	55/21	61/21	69/21	76/21	84/21	91/21	97/21	02/22	05/22	74/21
تهران	54/20	55/20	58/20	63/20	69/20	76/20	84/20	92/20	99/20	05/21	10/21	13/21	81/20

AOCT	رشت	تبریز	شیراز	بندرعباس	کرمان	یزد	همدان	کرج
Jan	78/20	20/20	15/21	96/21	97/20	97/20	43/20	49/20
Feb	79/20	21/20	16/21	97/21	98/20	98/20	44/20	50/20
Mar	82/20	24/20	19/21	00/22	01/21	01/21	47/20	53/20
Apr	86/20	28/20	24/21	04/22	05/21	06/21	52/20	58/20
May	93/20	35/20	30/21	11/22	12/21	12/21	58/20	64/20
Jun	00/21	42/20	37/21	18/22	19/21	19/21	65/20	71/20
Jul	08/21	50/20	45/21	26/22	27/21	27/21	73/20	79/20
Aug	15/21	57/20	53/21	33/22	34/21	35/21	81/20	87/20
Sep	23/21	65/20	60/21	41/22	42/21	42/21	88/20	94/20
Oct	29/21	71/20	66/21	47/22	48/21	48/21	94/20	00/21
Nov	34/21	76/20	71/21	52/22	53/21	53/21	99/20	05/21
Dec	37/21	79/20	74/21	55/22	56/21	56/21	02/21	08/21
میانگین	05/21	47/20	42/21	23/22	24/21	24/21	71/20	76/20

براساس مقادیر محاسبه‌شده AOCT و با در نظر گرفتن روابط ارائه‌شده در جدول ۲، آستانه‌های عددی برای ۱۱ رتبه مختلف شاخص احساس حرارتی (ST) برای هریک از شهرهای موردبررسی محاسبه شد و در جدول ٤ درج شد؛ بر این اساس، بالاترین آستانه عددی محاسبه‌شده برای احساس حرارتی «داغ» به بندرعباس (۳۰/۵۳) و پس از آن اهواز با (۳۰/۰۳) مربوط بوده است. برای دیگر شهرها، آستانه‌های محاسبه‌شده برای این سطح از احساسحرارتی، کمتر از ۳۰ بوده است. از سوی دیگر، پایین‌ترین آستانه عددی محاسبه‌شده

برای احساس حرارتی فوق سرد (یخزدگی) عدد ۱۷/۲۳- بوده که برای شهر تبریز برآورد شده است.

جدول ٤. آستانه‌های ST محاسبه‌شده برای شهرهای منتخب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

شهر	-D۳۱ST>	-D۳۱-D<ST≤۲۸	-D۲۸-D<ST≤۲۵	-D۲۵-D<ST≤۲۲/۷	-D۲۲/۷-D<ST≤۱۸	-D۱۸-D<ST≤۱۳	-D۱۳-D<ST≤۸	-D۸-D<ST≤۳	-D۳-D<ST≤۵-	-D۵-D<ST≤-۱۵-
مشهد	۲۹/۱۲	12/12 _29/26	12/12_26/23	12/82_23/20	82/12_20/16	11/12_16/11	12/12_11/6	12/12_6/1	12/88_1/-6	88/88_-6/-16
اراک	۲۹/۱۱	11/11_29/26	11/11_26/23	11/81_23/20	81/11_20/16	11/11_16/11	11/11_11/6	11/11_6/1	11/88_1/-6	88/89_-6/-16
اصفهان	۲۹/۳۵	35/35_29/26	35/35_26/23	35/05_23/21	05/35_21/16	35/35_16/11	35/35_11/6	35/35_6/1	35/64_1/-6	64/65_-6/-16
اهواز	۳۰/۰۳	03/04_30/27	04/04_27/24	04/74_24/21	74/04_21/17	04/04_17/12	04/04_12/7	04/04_7/2	04/96_2/-5	96/96_-5/-15
تهران	۲۹/۱۱	11/11_29/26	11/11_26/23	11/81_23/20	81/11_20/16	11/11_16/11	11/11_11/6	11/11_6/1	11/88_1/-6	88/89_-6/-16

شهر	رشت	تبریز	شیراز	بندرعباس	کرمان	یزد	همدان
-D۳۱ST>	۲۹/۳۵	۲۸/۷۷	۲۹/۷۲	۳۰/۵۳	۲۹/٥٤	۲۹/٥٤	۲۹
-D۳۱-D<ST≤۲۸	35/35_29/26	77/77_28/25	72/72_29/26	53/53_30/27	54/54_29/26	54/54_29/26	01_29/26
-D۲۸-D<ST≤۲۵	35/65_26/23	77/77_25/22	72/72_26/23	53/53_27/24	54/54_26/23	54/54_26/23	01/01_26/23
-D۲۵-D<ST≤۲۲/۷	65/05_23/21	77/47_22/20	72/42_23/21	53/23_24/22	54/24_23/21	54/24_23/21	01/71_23/20
-D۲۲/۷-D<ST≤۱۸	05/35_21/16	47/77_20/15	42/72_21/16	23/53_22/17	24/54_21/16	24/54_21/16	71/01_20/16
-D۱۸-D<ST≤۱۳	35/35_16/11	77/77_15/10	72/72_16/11	53/53_17/12	54/54_16/11	54/54_16/11	01/01_16/11
-D۱۳-D<ST≤۸	35/35_11/6	77/77_10/5	76/72_11/6	53/53_12/7	54/54_11/6	54/54_11/6	01/01_11/6
-D۸-D<ST≤۳	35/35_6/1	77/77_5/0	72/72_6/1	53/53_7/2	54/54_6/1	54/54_6/1	01/01_6/1
-D۳-D<ST≤۵-	35/64_1/-6	77/22_0/-7	72/27_1/-6	35/46_2/-5	54/45_1/-6	54/45_1/-6	01/99_1/-6
-D۵-D<ST≤-۱۵-	64/65_-6/-16	22/23_-7/-17	27/28_-6/-16	46/47_-5/-15	45/46_-6/-16	45/46_-6/-16	99/99_-6/-16

شهر	-D۳۱ST>	-D۳۱-D<ST≤۲۸	-D۲۸-D<ST≤۲۵	-D۲۵-D<ST≤۲۲/۷	-D۲۲/۷-D<ST≤۱۸	-D۱۸-D<ST≤۱۳	-D۱۳-D<ST≤۸	-D۸-D<ST≤۳	-D۳-D<ST≤۵-	-D۵-D<ST≤-۱۵-
کرج	۲۹/۰٦	06/06_29/26	06/06_26/23	06/76_23/20	76/06_20/16	01/01_16/11	01/06_11/6	06/06_6/1	06/93_1/-6	93/94_-6/-16

*آستانه (ST≤-15-D) از جدول حذف شده است؛ زیرا برای هیچ یک از شهرهای منتخب دمای احساسی در این بازه برآورد نشد.

براساس اطلاعات مندرج در جدول ۵، بالاترین مقادیر دمای احساسی در بین شهرهای بررسی‌شده در این پژوهش، برای اهواز و بندر عباس به‌ترتیب با ۳۸/۵۵ و ۳۷/۰۳ برآورد شده است که در ماه‌های آگوست و جولای ثبت شد. بعد از این دو شهر که به لحاظ عرض جغرافیایی کمتر و مهم‌تر از آن، ارتفاع ناچیز از سطح دریا، بالاترین رتبه را به خود اختصاص دادند، شهر یزد با بیشینه دمای احساسی ۳۱/۰۱ قرار دارد و در دسته بعدی می‌توان شهرهایی چون رشت (۳۱/۸۳) اصفهان (۳۱/۳۳) تهران (۳۱/۳۲) و شیراز (۳۱/۰۳) را قرار داد. حضور شهر رشت در این دسته به لحاظ ارتفاع پایین آن به‌رغم عرض جغرافیایی زیاد، قابل‌توجه است. در گروه دیگر، شهرهای کرج (۳۰/۹۹)، مشهد (۳۰/۲۱)، تبریز (۳۰/۳۵) قرار می‌گیرند. دمای احساسی بیشینه برای شهرهای اراک، کرمان و همدان به‌ترتیب با ۲۹/٤۲، ۲۹ و ۲۷/۷۵ کمتر از ۳۰ بود. هر سهٔ این شهرها ارتفاع بالاتر از ۱۷۰۰ متر داشتند.

در ارتباط با ماه‌های ثبت بیشینه‌های دمای احساسی، برای اغلب ایستگاه‌ها (۹ مورد از ۱۳ ایستگاه) این موارد در ماه جولای ثبت شده است. بررسی کمینه‌های فرین نشان می‌دهد، پایین‌ترین مقادیر دمای احساسی برای شهرهای همدان (۱٦/۹۳–) و اراک (۱٦/۰٤–) ثبت شده‌اند که مطمئناً نقش هر دو عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع (بالاتر از ۱۷۰۰ متر) تعیین‌کننده بوده است. بندرعباس و اهواز تنها شهرهایی بودند که دمای احساسی کمینه آن‌ها در طول دوره آماری منفی نبوده است (۱۲/۰۱ و ۵/۱٤). در شش شهر از ۱۳ شهر، موارد کمینه

در ماه ژانویه ثبت شده‌اند. شش شهر دیگر در ماه فوریه و فقط برای تبریز، زمان ایـن رخـداد دسامبر بوده است.

جدول ۵. فرین‌های کمینه و بیشینه دمای احساسی (ST) برآوردشده برای شهرهای منتخب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

شهر	بیشینه	کمینه	میانگین (AOCT)
مشهد	۳۰/۲۱ *(۷)	-۱۵/۷۹ (۲)	۲۰/۸۲
اراک	۲۹/٤۲ (۷)	-۱٦/۰٤ (۱)	۲۰/۸۱
اصفهان	۳۱/۳۳ (۸)	-۹/٤ (۱)	۲۱/۰۵
اهواز	۳۸/۵۵ (۸)	۵/۱٤ (۲)	۲۱/۷۳
تهران	۳۱/۳۲ (۷)	-۷/۸۵ (۲)	۲۰/۸۱
رشت	۳۱/۸۳ (۷)	-٤/۹۷ (۲)	۲۱/۰۵
تبریز	۳۰/۳۵ (۷)	-۱۳/٤ (۱۲)	۲۰/٤۷
شیراز	۳۱/۰۳ (۷)	-۱/۷۸ (۱)	۲۱/٤۲
بندرعباس	۳۷/۰۳ (۷)	۱۲/۰۱ (۲)	۲۳/۲۳
کرمان	۲۹ (۸)	-۱۱/۱۳ (۱)	۲۱/۲٤
یزد	۳۳/۰۱ (۸)	-۸/٦۷ (۲)	۲٤/۲٤
همدان	۲۷/۷۵ (۷)	-۱٦/۹۳ (۱)	۲۰/۷
کرج	۳۰/۹۹ (۷)	-۱۰/۰۹ (۱)	۲۰/۷٦

*اعداد داخل پرانتز شماره ماه است که فرین دمای احساسی در آن برآورد شده است.

جدول ٦، درصد فراوانی وقوع رتبه‌های احساس حرارتی (ST) را برای شهرهای منتخـب نشان می‌دهد؛ بر این اساس، در ستون احسـاس حرارتـی داغ (ST>31-D) بیشـترین درصـد فراوانی به شهرهای بندرعباس و اهواز به‌ترتیب با ٤۱/۸۸ و ٤۰/۵۹ درصد مربوط بوده اسـت؛ این در حالی است که شهر یزد با فاصله قابل‌توجه نسبت به دو شهر مـذکور (۱۰/۳۲ درصـد) در رتبه سوم قرار دارد. برای شهرهای همدان و کرمان هیچ موردی از تنش حرارتی در آستانه مدنظر (داغ) ثبت نشده است. این موضوع بـرای همـدان بـا توجـه بـه توپـوگرافی و عـرض جغرافیایی آن دور از ذهن نیست، اما برای شهر کرمان به نظر می‌رسد پارامتر ارتفاع (بالـاترین در بین ایستگاه‌های بررسی‌شده) بیشترین نقش را در این زمینـه ایفـا کـرده اسـت؛ چراکـه در

محاسبه شاخص (ST) وزن قابل‌توجهی برای ارتفاع در نظر گرفته شده است؛ به‌گونه‌ای‌که می‌تواندد حتی اثر کاهشی عرض جغرافیایی کم را تا حد چشمگیری جبران کند؛ این در حالی است که پژوهش بامری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) ضمن تأیید عملکرد شاخص دمای معادل فیزیولوژیک، سهم درخور توجهی را برای تنش‌های حرارتی زیاد، در نظر گرفته است. براساس داده‌های جدول، برای آخرین آستانه تنش سرمایی (یخزدگی) هیچ موردی برای شهرهای بررسی‌شده ثبت نشده است و در آستانه خیلی سرد، بیشترین درصد فراوانی به تبریز و پس از آن به همدان مربوط بوده است و مطابق انتظار، شهرهای بندرعباس، اهواز و البته رشت فاقد رخداد تنش سرمایی در این آستانه بودند.

آستانه ($18\text{-D}<ST\leq22.7\text{-D}$) بیانگر وجود شرایط «آسایش» حرارتی است که براساس اطلاعات جدول، بیشترین درصد فراوانی به بندرعباس با ۲۱/۲۷ درصد و سپس اهواز با ۱۵/۳۶ درصد مربوط بوده است. شهرهای کرمان (۱۳/۷۲ درصد) و همدان (۱۳/۱۰ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. تبریز با ۱۰/۵۹ درصد کمترین سهم را در این آستانه داشته است. شرایط آسایشی بندرعباس و اهواز در بسیاری از سطوح شاخص احساس حرارتی به هم نزدیک‌اند و تنها تفاوت درخور توجه در سطح «خنک همراه با آسایش» است که باعث شده است اهواز تعداد روزهای آسایشی کمتری در مقایسه با بندرعباس داشته باشد؛ به‌گونه‌ای‌که اگر آستانه‌های قبل و بعد از آستانه آسایش یعنی (گرم همراه با آسایش و خنک همراه با آسایش) را نیز به‌عنوان محدوده آسایش در نظر بگیریم، مجموع این آستانه‌ها برای شهرهای بندرعباس و اهواز (۳۷/۹ و ۳۸/۳۹) بسیار نزدیک به هم خواهد بود.

اختلاف قابل‌توجه در درصد فراوانی روزهای همراه با آسایش حرارتی برای شهر بندرعباس با دیگر شهرهای بررسی‌شده، در درجه اول به سهم بسیار ناچیز (نزدیک به صفر) آستانه‌های «خیلی سرد، سرد، کمی سرد و خنک» برای این شهر برمی‌گردد. در آستانه خنک همراه با آسایش نیز بندرعباس پایین‌ترین رتبه (۷/۳۹ درصد) را در بین شهرها داشته است؛ به این ترتیب بیش از ۹۲/۵ درصد از روزهای بررسی‌شده در دوره آماری، در محدوده خارج از تنش‌های سرد قرار داشته است که از این بین، ۲۱/۲۷ درصد به شرایط «آسایش حرارتی» مربوط بوده و بقیه در محدوده تنش‌های حرارتی گرم توزیع شده است؛ به‌عبارتی، چند ماه از

سال به‌طور کامل توسط بالاترین تنش‌های گرمایی (داغ و خیلی‌گرم) از شرایط آسایش به دور هستند، اما به‌دلیل نبود تنش‌های سرمایی در این شهر، ماه‌های دیگر سال به شرایط آسایش حرارتی نزدیک‌تر شده‌اند.

در ارتباط با درصد روزهای همراه با آسایش، برای ایستگاه تبریز باید اذعان داشت که سهم قابل‌توجه تنش‌های سرد نقش مهمی در کاهش آسایش حرارتی داشته است. همسو با این نتیجه، نتایج پژوهش خوش‌نفس و صداقت (۱۳۹٤، ۹۱) مبتنی بر شاخص سختی هوا نشان داد، در شمال غرب ایران ۸۷ درصد از روزهای دوره سرد سال، خارج از محدوده آسایش قرار دارند. تبریز بیشترین درصد روزهای خیلی سرد را در دوره آماری مطالعه‌شده داشته است و درمورد احساس حرارتی سرد نیز بعد از همدان قرار می‌گیرد؛ البته به این نکته نیز باید توجه داشت که در کنار تنش‌های حرارتی سرد، تنش حرارتی خیلی‌گرم نیز با سهم نزدیک به ۹ درصد، به نوبه خود در کاهش محدوده آسایش مؤثر بوده است.

جدول ٦. درصد فراوانی وقوع رتبه‌های احساس حرارتی (ST) در شهرهای منتخب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

شهر	داغ	خیلی گرم	گرم	گرم همراه با آسایش	آسایش	خنک همراه با آسایش	خنک	کمی سرد	سرد	خیلی سرد	یخ‌زدگی
مشهد	۰/۸۹	۱۱/۵۷	۱٦/۷۳	۹/۷۳	۱۰/۸۳	۱۱/۹۲	۱۵/۷۲	۱۵/۱۳	٦/۸۸	۰/۵	۰
اراک	۰/۱۱	۹/٦۲	۱۷/۲۸	۸/٤۸	۱۰/۷۵	۱۲/۸۲	۱٤/٤۳	۱٦/۰۷	۹/۱۵	۱/۰۲	۰
اصفهان	۱/۹۵	۱۷/٤۸	۱٤/۹۷	۷/۵٤	۱۲	۱۲/۸٦	۱٦/٦٦	۱٤/۰۳	۲/۳۸	۰/۰۷	۰
تهران	٦/۱	۱۸/۱٤	۱۳/۲۱	۷/٤٦	۱۱/۲۷	۱۲/۷۸	۱۷/٦۷	۱۱/۳۸	۱/۸۷	۰/۱۱	۰

شهر	داغ	خیلی گرم	گرم	گرم همراه با آسایش	آسایش	خنک همراه با آسایش	خنک	کمی سرد	سرد	خیلی سرد	یخ‌زدگی
اهواز	٤٠/٥٩	٧/٠٨	٨/٠٧	٦/٠١	١٥/٣٦	١٧/٠٢	٥/٥٤	٠/٢٧	٠	٠	٠
رشت	٢/٩٣	١٣/٢٥	١٢/٢٨	٨/٤٨	١٣/٠٦	١٣/٤١	٢٦/٧٨	٨/٢١	١/٥٦	٠	٠
تبریز	٠/٤٩	٨/٩٥	١٤/١١	٩/٢٢	١٠/٥٩	١١/٦١	١٤	١٥/٢٩	١٣/١٧	٢/٥٤	٠
شیراز	١/٩١	٢٠/٥٧	١٣/٢٥	٨/٨٣	١١/١٨	١٥/٥٢	١٩/٨٦	٨/١٣	٠/٧٠	٠	٠
بندرعباس	٤١/٨٨	١١/٦٥	٨/٨٧	٨/٧٦	٢١/٢٧	٧/٣٩	٠/١٥	٠	٠	٠	٠
کرمان	٠	٦/٨٨	٢٠/٥	١٢/٤٧	١٣/٧٢	١٥/٢٥	١٧/٤٠	١٠/٩٥	٢/٧	٠/١١	٠
یزد	١٠/٣٢	١٨/٣	١٣/٦٤	٨/٦٤	١٢/٦٣	١٤	١٥/١٣	٦/١	١/١٣	٠/٠٧	٠
همدان	٠	٣/٠٨	١٥/٠١	٩/٨١	١٣/١٠	١٢/١٢	١٣/٦٨	١٦/٥٠	١٤/٤٧	٢/١٩	٠
کرج	٢/٢٦	١١/٤٩	١٤/١	٩/٣٠	١١/٦١	١٣/٢٥	١٦/٣٨	١٤/٧٨	٥/٦	٠/٣٥	٠

٤. ١. توزیع ماهانه سطوح مختلف آسایش حرارتی مبتنی بر شاخص دمای احساسی (ST)

بررسی فراوانی سطوح احساس حرارتی شاخص ST برای ماه‌های سال بـه‌تفکیـک انجـام گرفته است که نتایج در جدول ٧ مشاهده می‌شود. براساس اطلاعات منـدرج در ایـن جـدول، برای شهرهای اهواز و بندرعباس آستانه‌های سرد و خیلی‌سرد در هیچ ماهی از سال ثبت نشده

است و حضور دو ماه کامل در شرایط داغ حرارتی (جولای و آگوست) و تقریباً شش ماه بدون شرایط آسایش حرارتی از ویژگی‌ها بارز و مشترک در این دو شهر است. برای شهر بندرعباس تمرکز بیشتر رخدادهای آسایش در اوج دوره سرد سال (دسامبر تا فوریه) بوده است.

برای شهر همدان هیچ موردی از تنش حرارتی داغ در دوره آماری ثبت نشده است و درباره کرمان باید گفت، این شهر از عرض جغرافیایی نسبتاً کم برخوردار است، اما احساس حرارتی داغ در هیچ ماهی از سال ثبت نشده است که می‌تواند متأثر از اثر تعدیلی و نقش قابل‌توجه ارتفاع ۱۷۴۵ متر باشد.

توزیع روزهای همراه با آسایش حرارتی برای شهر مشهد به‌گونه‌ای بوده است که تنها دو ماه ژانویه و جولای هیچ موردی از شرایط آسایش را تجربه نکرده‌اند و ماه‌های اکتبر و آوریل بیشترین تعداد روزهای همراه با آسایش حرارتی در طول دوره آماری را داشتند.

برای شیراز نیز درحالی‌که برای سه ماه جون، جولای و آگوست روزهای داغ ثبت شده است، برای هیچ ماهی از سال در آستانه خیلی سرد موردی به ثبت نرسیده است. برای شهر تهران، نکته قابل‌توجه وجود ٤٤٦ روز معادل ٤٧ درصد شرایط داغ برای ماه جولای است؛ این در حالی است که احساس حرارتی خیلی‌گرم نیز سهم درخور توجهی در ماه‌های جون، جولای و آگوست داشته است. مطالعه علیجانی و رضوی (۱۳۹٦، ص. ١٥٤) نیز اگرچه تنش های گرمایی فصل گرم تهران را تأیید می‌کند، درصد زیاد روزهای داغ را نشان نداده است. ماه‌های اکتبر و آوریل نیز به‌ترتیب بیشترین فراوانی شرایط آسایش را ثبت کرده‌اند.

بیشترین توزیع شرایط آسایش حرارتی برای شهر رشت مشاهده شده است؛ به‌گونه‌ای‌که در همه ماه‌های سال فراوانی رخدادهای آسایش ثبت شده است که کمینه آن برای ماه فوریه و جولای و بیشینه آن (معادل ۵۳ درصد) برای ماه اکتبر بوده است. احساس حرارتی غالب برای ماه‌های دوره سرد سال «خنک» بوده است و به نظر می‌رسد که با وجود عرض جغرافیایی زیاد، عواملی همچون ارتفاع کم و شرایط تعدیلی دریا در کاهش سطح تنش‌های سرمایی نقش داشته‌اند.

جدول ۷. توزیع ماهانه سطوح مختلف آسایش حرارتی مبتنی بر شاخص دمای احساسی (ST)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

شهر	آستانه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
اهواز	داغ	۰	۰	۰	۱/۹۰	۶۷/۷۴	۹۸/۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰/۹۵	۱۹/۸۳	۰	۰
	خیلی گرم	۰	۰	۰/۹۲	۲۵/۲۴	۳۰/۴۱	۱/۹۰	۰	۰	۸/۵۷	۳۰/۸۸	۰/۴۸	۰
	گرم	۰	۰	۶۱/۴	۴۶/۶۷	۱/۸۴	۰	۰	۰	۰/۴۸	۳۶/۴۱	۵/۷۱	۰
	آسایش (گرم)	۰	۳/۰۳	۲۲/۵۸	۱۷/۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰/۶۰	۱۷/۶۲	۰
	اسایش	۵/۹۹	۳۴/۳۴	۶۲/۶۷	۷/۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۳۰	۵۲/۸۶	۱۷/۹۷
	آسایش (خنک)	۶۰/۸۳	۴۹/۴۹	۹/۲۲	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲/۳۸	۶۰/۳۷
	خنک	۳۱/۸۰	۱۱/۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۵	۲۱/۶۶
	کمی سرد	۱/۳۸	۲/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اراک	داغ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰	۰
	خیلی گرم	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶/۶۷	۶۸/۶۶	۲۸/۵۷	۰	۰	۰	۰
	گرم	۰	۰	۰	۰	۸/۲۹	۶۷/۶۲	۲۸/۱۱	۶۶/۸۲	۳۶/۱۹	۰	۰	۰
	آسایش (گرم)	۰	۰	۰/۴۶	۰/۴۸	۲۸/۵۷	۱۲/۳۸	۱/۸۴	۴/۶۱	۴۷/۶۲	۵/۹۹	۰	۰

شهر							بندرعباس							اصفهان
آستانه	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی سرد	داغ	خیلی‌گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	داغ
ژانویه	۰	۰	۱۲/۴۴	۹۳/۶۳	۴۲/۴۰	۵/۵۳	۰	۰	۰	۰	۵۷/۶۰	۴۱/۴۷	۰/۹۲	۰
فوریه	۰	۳/۵۴	۲۶/۲۶	۳۸/۸۹	۲۴/۷۵	۶/۵۷	۰	۰	۱/۰۱	۱۳/۱۳	۶۰/۶۱	۲۴/۲۴	۱/۰۱	۰
مارس	۳/۲۳	۱۹/۸۲	۴۹/۳۱	۲۵/۳۵	۱/۸۴	۰	۰	۰/۹۲	۱۴/۲۹	۴۴/۲۴	۳۹/۱۷	۱/۳۸	۰	۰
آوریل	۲۱/۴۳	۵۱/۴۳	۲۱/۴۳	۵/۲۴	۰	۰	۳/۸۱	۴۶/۱۹	۴۲/۸۶	۵/۲۴	۱/۹۰	۰	۰	۰
می	۴۵/۱۶	۱۷/۹۷	۰	۰	۰	۰	۶۷/۷۴	۳۲/۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ژوئن	۳/۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۹۹/۰۵	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۵
ژولای	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴/۷۵
آگوست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷/۳۷
سپتامبر	۱۵/۷۱	۰/۴۸	۰	۰	۰	۰	۹۳/۳۳	۶/۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اکتبر	۳۷/۳۳	۴۵/۱۶	۱۱/۵۲	۰	۰	۰	۳۵/۹۴	۴۷/۴۷	۱۵/۲۱	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰
نوامبر	۱/۴۳	۱۴/۲۹	۳۹/۰۵	۳۷/۱۴	۷/۶۲	۰/۴۸	۰	۴/۷۶	۳۳/۳۳	۳۰/۹۵	۳۰/۴۹	۰/۴۸	۰	۰
دسامبر	۰/۴۶	۰/۹۲	۱۵/۶۷	۴۷/۹۳	۳۳/۶۴	۰/۹۲	۰	۰	۰/۴۶	۱۰/۶۰	۶۷/۲۸	۲۱/۶۶	۰	۰

شهر										همدان				
آستانه	خیلی گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی سرد	خیلی گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۱/۸۴	۲۲/۵۸	۸۵/۸۳	۱۶/۱۳	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۱/۰۱	۱۳/۱۳	۴۸/۴۸	۲۹/۸۰	۷/۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۱
مارس	۰	۰	۲/۳۰	۸/۲۹	۴۴/۲۴	۴۰/۵۵	۴/۶۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۷۶	۵/۰۷
آوریل	۰	۰/۴۸	۹/۰۵	۵۰	۳۵/۲۴	۵/۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹/۰۵	۴۰
می	۳/۲۳	۳۴/۵۶	۳۴/۱۰	۲۵/۸۱	۲/۳۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹/۶۸	۴۹/۳۱	۳۵/۴۸
ژوئن	۶۷/۱۴	۲۸/۵۷	۳/۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۴۳	۳۶/۶۷	۴۲/۳۸	۱۹/۵۲	۰
ژولای	۷۶/۹۶	۷/۸۳	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷/۶۵	۶۳/۱۳	۹/۲۲	۰	۰
آگوست	۵۳/۹۲	۳۷/۳۳	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷/۳۷	۷۱/۸۹	۱۹/۳۵	۱/۳۸	۰
سپتامبر	۷/۱۴	۶۵/۷۱	۲۲/۳۸	۴/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۶۷	۳۷/۱۴	۵۳/۸۱	۲/۳۸
اکتبر	۰	۵/۰۷	۱۷/۰۵	۵۰/۶۹	۲۶/۷۳	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۶	۲۰/۷۴	۵۳/۴۶
نوامبر	۰	۰	۰	۲/۸۶	۲۷/۶۲	۵۳/۸۱	۱۴/۲۹	۱/۴۳	۰	۰	۰	۰	۰/۴۸	۷/۱۴
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۳/۶۹	۳۱/۳۴	۶۱/۲۹	۳/۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۶

شهر					کرج								
آستانه	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی‌سرد	داغ	خیلی گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد
ژانویه	٤/۱۵	۲۷/۱۹	۵۷/۱٤	۱۱/۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵/۸۱	٤۹/۷۷	۲۳/۵۰
فوریه	۱۲/۱۲	۳۸/۸۹	۳٦/۸۷	۱۱/٦۲	۰	۰	۰	۰	۰/۵۱	۷/۵۸	۳۷/۳۷	۳۳/۸٤	۱۷/٦۸
مارس	٤۱/٤۷	٤۱/٤۷	۹/۲۲	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲	۵/۵۳	۳۷/۳۳	٤۰/۵۵	۱۳/۸۲	۱/۸٤
آوریل	٤۰/٤۸	۹/۵۲	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	٦/۱۹	۲۸/۵۷	٤٤/۷٦	۱۳/۸۱	٤/۲۹	۲/۳۸
می	۵/۵۳	۰	۰	۰	۰	۱/۳۸	۲۰/۷٤	۳۲/۲٦	۳۵/۰۲	۱۰/۱٤	۰/٤٦	۰	۰
ژوئن	۰	۰	۰	۰	۳/۳۳	۳۲/۳۸	٤۷/۱٤	۱۱/۹۰	۵/۲٤	۰	۰	۰	۰
ژولای	۰	۰	۰	۰	۱۹/۳۵	٤۹/۷۷	۲٤/۸۸	۵/۹۹	۰	۰	۰	۰	۰
آگوست	۰	۰	۰	۰	٤/۱۵	٤۷	۳۹/٦۳	۸/۲۹	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰
سپتامبر	۰	۰	۰	۰	۰	٤/۷٦	٤٤/۲۹	۳۵/۲٤	۱۳/۸۱	۱/۹۰	۰	۰	۰
اکتبر	۲٤/٤۲	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۱/۸٤	۱۰/٦۰	٤۲/٤۰	۳۸/۲۵	٦/٤۵	۰/٤٦	۰
نوامبر	۲۹/۵۲	٤۸/۵۷	۱۳/۳۳	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	٦/٦۷	۱۷/٦۲	٤٦/۱۹	۲۳/۳۳	۵/۷۱
دسامبر	٦/۹۱	۳۳/۱۸	۵٦/٦۸	۲/۷٦	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۷٦	۲۷/٦۵	۵۲/۵۳	۱۷/۰۵

شهر		کرمان									مشهد		
آستانه	خیلی‌سرد	خیلی گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی سرد	داغ	خیلی گرم	گرم
ژانویه	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۱۰/۱۴	۳۶/۴۱	۳۷/۷۹	۱۴/۲۹	۱/۳۸	۰	۰	۰
فوریه	۳/۰۳	۰	۰	۰	۰	۲۱/۷۲	۴۱/۹۲	۲۶/۷۷	۹/۶۰	۰	۰	۰	۰
مارس	۰	۰	۰	۰/۴۶	۸/۲۹	۴۸/۳۹	۳۳/۶۴	۷/۸۳	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰
آوریل	۰	۰	۰	۱۴/۷۶	۵۰	۲۸/۵۷	۶/۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۸۶
می	۰	۰/۴۶	۳۰/۴۱	۲۷/۱۹	۳۹/۱۷	۲/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۲۳	۳۵/۰۲
ژوئن	۰	۲۷/۶۲	۶۷/۶۲	۴/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۳/۸۱	۴۲/۳۸
ژولای	۰	۳۷/۷۹	۵۹/۹۱	۲/۳۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹/۲۲	۶۰/۸۳	۲۸/۵۷
آگوست	۰	۱۶/۱۳	۵۵/۳۰	۲۸/۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳۸	۲۹/۰۳	۵۶/۶۸
سپتامبر	۰	۰	۳۰/۴۸	۴۶/۶۷	۲۲/۸۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۵	۳۳/۳۳
اکتبر	۰	۰	۰/۹۲	۸/۲۹	۵۸/۰۶	۲۹/۰۳	۳/۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲
نوامبر	۰/۴۸	۰	۰	۰	۱/۴۳	۳۴/۲۹	۴۷/۱۴	۱۵/۲۴	۱/۹۰	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰/۴۶	۸/۷۶	۴۱/۰۱	۴۴/۲۴	۵/۵۳	۰	۰	۰	۰

شهر								شیراز					
آستانه	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی‌سرد	داغ	خیلی‌گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)
ژانویه	۰	۰	۴/۱۵	۲۴/۸۸	۴۵/۱۶	۲۴/۸۸	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۹۱
فوریه	۰	۱/۵۲	۱۰/۱۰	۲۹/۸۰	۳۳/۳۳	۲۱/۲۱	۴/۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰/۲۰
مارس	۰/۹۲	۸/۷۶	۲۸/۵۷	۳۴/۵۶	۲۲/۱۲	۵/۰۷	۰	۰	۰	۰	۰	۹/۶۸	۶۰/۸۳
آوریل	۸/۱۰	۳۱/۴۳	۳۳/۸۱	۱۵/۷۱	۶/۱۹	۱/۹۰	۰	۰	۰	۰	۱۷/۶۲	۴۹/۰۵	۳۰/۹۵
می	۳۲/۷۲	۲۴/۴۲	۴/۶۱	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۹۱	۳۷/۷۹	۳۵/۹۴	۱۸/۴۳	۰/۹۲
ژوئن	۱۲/۸۶	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۸۶	۷۲/۳۸	۲۳/۸۱	۰/۹۵	۰	۰
ژولای	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳/۸۲	۸۲/۹۵	۳/۲۳	۰	۰	۰
آگوست	۱۲/۴۴	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۵/۹۹	۷۲/۳۵	۲۱/۲۰	۰/۴۶	۰	۰
سپتامبر	۳۹/۵۲	۲۳/۳۳	۲/۸۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰/۴۸	۶۸/۵۷	۱۹/۵۲	۱/۴۳	۰
اکتبر	۷/۸۳	۳۵/۰۲	۳۶/۴۱	۱۶/۵۹	۳/۲۳	۰	۰	۰	۰	۴/۶۱	۳۰/۸۸	۵۱/۶۱	۱۲/۴۴
نوامبر	۰/۹۵	۳/۳۳	۲۰	۳۷/۶۲	۲۷/۶۲	۹/۰۵	۱/۴۳	۰	۰	۰	۰	۳/۳۳	۴۴/۲۹
دسامبر	۰	۰/۴۶	۳/۲۳	۳۰/۴۱	۴۴/۷۰	۲۱/۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰/۶۰

شهر				تبریز									
آستانه	خنک	کمی‌سرد	سرد	داغ	خیلی‌گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی‌سرد
ژانویه	۴۷/۹۳	۳۸/۲۵	۶/۹۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵/۳۵	۵۹/۹۱	۱۴/۷۵
فوریه	۵۸/۰۵	۱۹/۷۰	۲/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱/۶۲	۴۴/۴۴	۳۵/۳۵	۸/۵۹
مارس	۲۸/۱۱	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲	۱۱/۰۶	۵۳	۳۰/۴۱	۴/۶۱	۰
آوریل	۲/۳۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱/۴۳	۴۶/۱۹	۳۶/۶۷	۴/۲۹	۱/۴۳	۰
می	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۲۳	۲۱/۲۰	۴۹/۳۱	۲۵/۳۵	۰/۹۲	۰	۰	۰
ژوئن	۰	۰	۰	۰	۱۰	۴۹/۵۲	۳۱/۹۰	۸/۱۰	۰/۴۸	۰	۰	۰	۰
ژولای	۰	۰	۰	۵/۰۷	۴۷/۹۳	۳۹/۱۷	۷/۳۷	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰
آگوست	۰	۰	۰	۰/۴۶	۴۴/۲۴	۴۰/۰۹	۱۲/۴۴	۲/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰
سپتامبر	۰	۰	۰	۰	۳/۸۱	۳۷/۱۴	۳۵/۷۱	۲۰/۹۵	۲/۳۸	۰	۰	۰	۰
اکتبر	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۳۰	۳۲/۲۶	۴۶/۵۴	۱۷/۰۵	۱/۸۴	۰	۰
نوامبر	۴۸/۱۰	۴/۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۶۷	۴۲/۸۶	۴۰/۹۵	۹/۵۲	۰
دسامبر	۵۵/۷۶	۳۳/۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰/۴۵	۳۸/۲۵	۴۷/۹۳	۷/۳۷

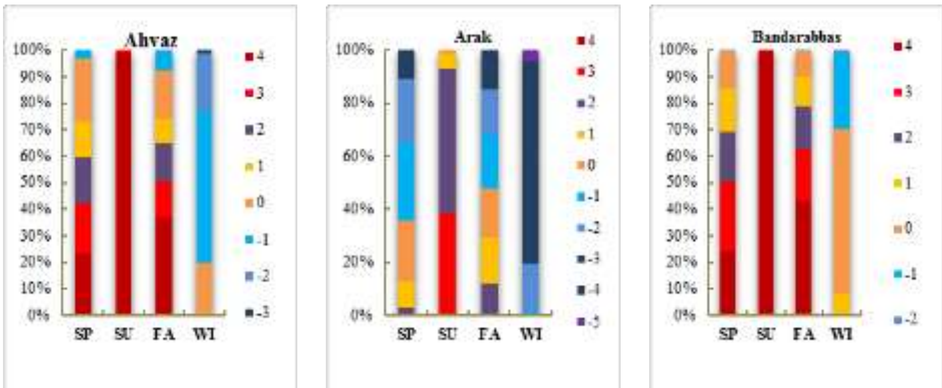
شهر	تهران										یزد		
آستانه	داغ	خیلی‌گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی سرد	داغ	خیلی‌گرم	گرم
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۸۴	۳۸/۷۱	۵۰/۶۹	۸/۲۹	۰/۴۶	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۰	۲/۰۲	۱۲/۶۳	۵۰	۲۴/۲۴	/۱۰	۱/۰۱	۰	۰	۰
مارس	۰	۰	۰/۴۶	۲/۳۰	۱۲/۴۴	۴۹/۳۱	۳۲/۲۶	۲/۷۶	۰/۴۶	۰	۰	۰	۲/۳۰
آوریل	۰	۰	۴/۲۹	۱۴/۲۹	۴۵/۲۴	۲۸/۵۷	۴/۷۶	۲/۸۶	۰	۰	۰	۰/۹۵	۱۷/۶۲
می	۰	۸/۷۶	۴۳/۷۸	۳۲/۷۲	۱۳/۸۲	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰/۴۶	۳۱/۸۰	۴۳/۷۸
ژوئن	۸/۵۷	۶۳/۸۱	۲۳/۳۳	۴/۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷/۱۴	۵۴/۷۶	۸/۱۰
ژولای	۴۷/۹۳	۴۶/۰۸	۵/۹۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۸/۵۳	۳۹/۶۳	۱/۸۴
آگوست	۱۵/۶۷	۷۰/۰۵	۱۳/۳۶	۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۶/۷۳	۵۳	۲۰/۲۸
سپتامبر	۰	۲۸/۱۰	۵۹/۵۲	۹/۰۵	۳/۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۸/۱۰	۵۰/۴۸
اکتبر	۰	۰	۷/۸۳	۲۴/۸۸	۴۷/۴۷	۱۹/۳۵	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰/۴۶	۱۸/۸۹
نوامبر	۰	۰	۰	۰/۴۸	۱۰	۳۴/۲۹	۴۰/۴۸	۱۱/۹۰	۲/۸۶	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۹۱	۴۷/۴۷	۴۴/۲۴	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰

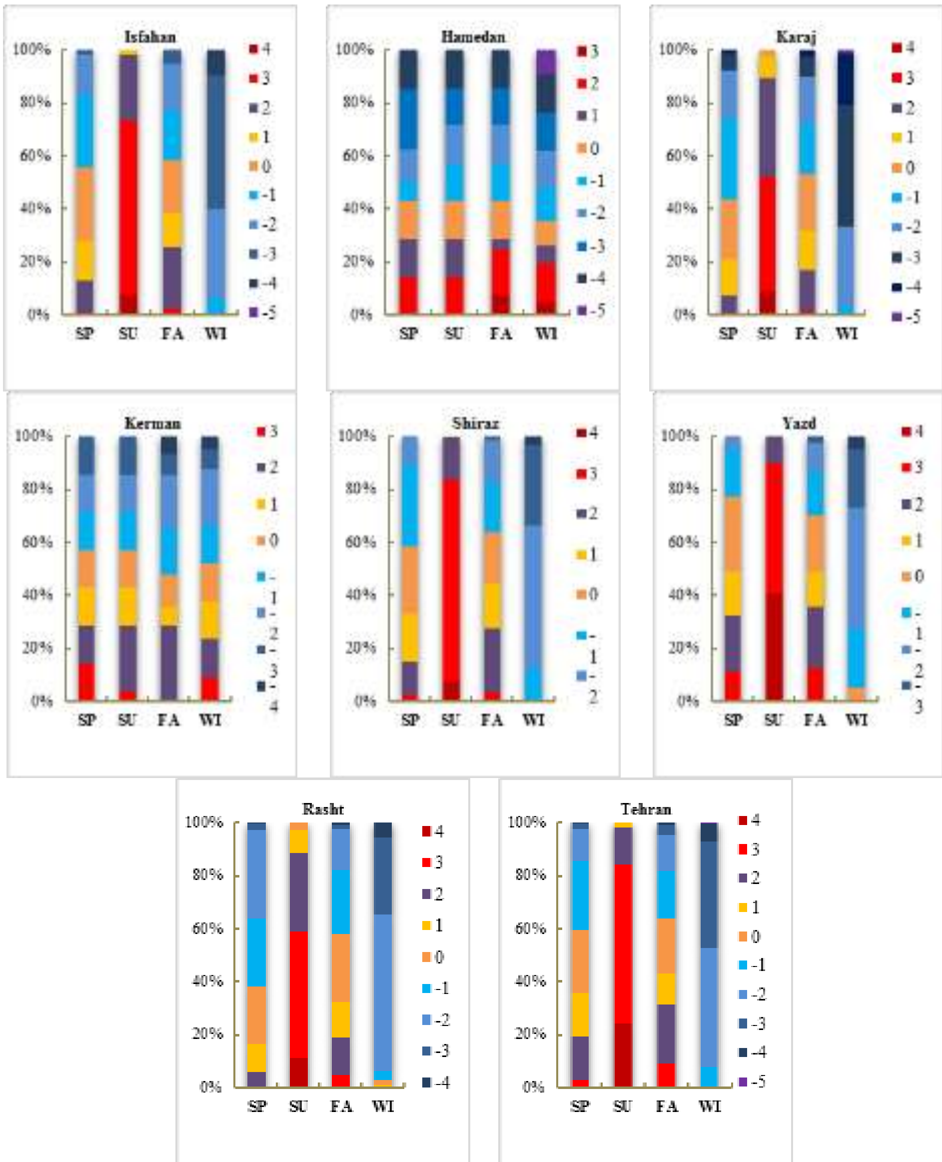
شهر								رشت					
آستانه	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)	خنک	کمی‌سرد	سرد	خیلی‌سرد	داغ	خیلی‌گرم	گرم	آسایش (گرم)	اسایش	آسایش (خنک)
دسامبر	۰	۴/۱۵	۱۴/۲۹	۵۶/۲۲	۲۵/۳۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲	۲/۳۰	۴/۶۱
نوامبر	۰/۴۸	۱۶/۶۷	۴۲/۸۶	۳۲/۸۶	۵/۷۱	۱/۴۳	۰	۰	۰	۰	۰/۴۸	۷/۱۴	۴۴/۷۶
اکتبر	۲۸/۱۱	۴۵/۶۲	۶/۴۵	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲	۲/۳۰	۱۰/۱۴	۵۳/۹۲	۲۷/۱۹
سپتامبر	۹/۵۲	۱/۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۴۳	۱۲/۸۶	۳۹/۰۵	۳۰/۴۸	۱۵/۷۱	۰/۴۸
آگوست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳/۳۶	۵۲/۰۷	۲۲/۱۲	۹/۲۲	۳/۲۳	۰
ژولای	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷/۵۱	۵۱/۶۱	۲۴/۴۲	۵/۵۳	۰/۹۲	۰
ژوئن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۳۸	۳۹/۵۲	۴۲/۳۸	۱۱/۴۳	۴/۲۹	۰
می	۱۸/۴۳	۵/۵۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲	۱۶/۵۹	۲۹/۴۹	۴۹/۳۱	۳/۶۹
آوریل	۲۸/۱۰	۴۰/۹۵	۱۰/۴۸	۱/۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۸	۰	۱۳/۳۳	۵۷/۱۴
مارس	۲/۷۶	۳۹/۶۳	۲۴/۴۰	۱۲/۴۴	۰/۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳۸	۱/۸۴	۱۷/۹۷
فوریه	۱/۵۲	۱۰/۱۰	۳۳/۳۳	۳۶/۳۶	۱۳/۱۳	۴/۵۵	۱/۰۱	۰	۰	۰	۱/۵۲	۱/۰۱	۲/۰۲
ژانویه	۰	۱/۳۸	۱۹/۸۲	۴۲/۴۰	۲۸/۵۷	۷/۸۳	۰	۰	۰	۰	۰/۹۲	۲/۳۰	۳/۶۹

شهر	آستانه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	خنک	٥١/١٥	٥٣/٠٣	٧٢/٣٥	٢٧/١٤	٠	٠	٠	٠	٠	٥/٥٣	٤١/٤٣	٧١/٨٩
	کمی سرد	٣٧/٧٩	٣٠/٣٠	٥/٩٩	١/٩٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٤/٢٩	١٩/٣٥
	سرد	٤/١٥	/١٢	٠/٤٦	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١/٩٠	٠/٩٢

٤. ٢. توزیع فصلی سطوح مختلف احساس حرارتی براساس شاخص دمای احساسی (ST)

درصد فراوانی رخدادهای سطوح مختلف احساس حرارتی براساس شاخص ST برای فصل‌های مختلف سال در شهرهای منتخب در شکل ۲ آمده است در طول دوره آماری که ۱۰۹۵۷ روز بوده است، فراوانی رخدادها برای ماه‌های فوریه، مارس آوریل (فصل بهار) می، جون، جولای (فصل تابستان) سپتامبر، اکتبر، نوامبر (فصل پاییز) دسامبر، ژانویه، فوریه (فصل زمستان) لحاظ شده است که امکان مقایسه دیداری را فراهم آورده است.





شکل ۲. توزیع فصلی آستانه‌های شاخص دمای احساسی (ST)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

٤. ۳. بررسی ویژه شرایط آسایش

در رتبه‌بندی شاخص احساس حرارتی، آستانه 18-D<ST≤22.7-D به‌عنوان محدوده آسایش لحاظ شده است، اما دو آستانه بالا و پایین آن نیز یعنی 22.7-D<ST≤25-D و 13-D<ST≤18-D

به‌عنوان «گرم همراه با آسایش» و «خنک همراه با آسایش» در نظر گرفته شده است. پس از بررسی آستانه‌های مختلف این شاخص برای شهرهای منتخب، در ادامه این بحث تلاش شده است تا با توجه به اهمیت محدوده آسایش، با نگاهی دقیق‌تر، سه سطح آسایشی مذکور بررسی شود؛ ازاین‌رو جدول ۸ تنظیم شد. در این جدول برای چهار فصل سال درصد فراوانی سه سطح آسایشی برای شهرهای منتخب محاسبه شده است.

جدول ۸. درصدفراوانی فصلی سه سطح آسایش (خنک همراه با آسایش، آسایش، گرم همراه با آسایش)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

شهر	بهار				تابستان				پاییز				زمستان			
	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع
اهواز	۱۳/۴	۲۳/۶	۳/۴	۴۰/۴	۰	۰	۰	۰	۹/۴	۱۸/۲	۷/۴	۳۵	۰/۹	۱۹	۵۷/۱	۷۷/۱
اراک	۱۷/۹	۲۵/۵	۳۰/۹	۷۴/۲	۰/۵	۰	۰	۰/۵	۱۷	۱۹/۲	۱۸/۸	۵۴/۹	۰	۰	۱۲/۳	۱۲/۳
بندرعباس	۱۶/۶	۱۳/۸	۰/۵	۳۰/۹	۰	۰	۰	۰	۱۰/۷	۱۰	۰/۲	۲۰/۹	۷/۸	۶۱/۹	۲۹/۳	۹۸/۹
اصفهان	۱۵/۲	۲۷/۸	۲۷/۲	۷۰/۲	۱/۷	۰	۰	۱/۷	۱۳/۲	۱۹/۸	۱۸/۲	۵۱/۲	۰	۰/۳	۶	۶/۳
همدان	۲۰/۵	۲۶/۷	۲۹	۷۶/۲	۶/۸	۰	۰	۶/۸	۲۵	۲۱/۴	۱۸/۱	۶۴/۴	۰	۰/۳	۷/۶	۷/۹
کرمان	۳۲/۳	۲۶/۶	۱۳/۵	۷۲/۴	۰	۰	۰	۰	۲۷/۸	۲۱/۲	۱۶/۸	۶۵/۸	۰/۲	۱۳/۳	۳۹/۹	۵۳/۲
کرج	۱۳/۲	۲۳	۳۰/۶	۶۶/۸	۸/۷	۲	۰	۱۰/۷	۱۵/۲	۲۱/۲	۱۹/۵	۵۵/۹	۰	۰/۲	۳/۳	۳/۵
مشهد	۱۴	۲۱/۴	۲۲/۲	۵۷/۶	۸/۹	۰/۵	۰	۹/۳	۱۶	۲۰/۷	۱۹/۹	۵۶/۷	۰	۰/۶	۵/۷	۶/۳

شهر	بهار				تابستان				پاییز				زمستان			
	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع	آسایش (گرم)	آسایش	آسایش (خنک)	جمع
رشت	١٠/٤	٢١/٦	٢٥/٩	٥٧/٩	٨/٧	٢/٨	٠	١١/٥	١٣/٧	٢٥/٩	٢٤/٢	٦٣/٧	١/١	١/٩	٣/٥	٦/٥
شیراز	١٧/٩	٢٥/٥	٣٠/٩	٧٤/٢	٠/٥	٠	٠	٠/٥	١٧	١٩/٢	١٨/٨	٥٤/٩	٠	٠	١٢/٣	١٢/٣
تبریز	٧/١	٢٠/٧	٢٧/٣	٥٥/١	١٧/١	٣/٧	٠/٢	٢١	١٢/٦	١٧/٩	١٨/٨	٤٩/٣	٠	٠	٠	٠
تهران	١٦/٥	٢٣/٦	٢٦/٢	٦٦/٣	١/٧	٠	٠	١/٧	١١/٦	٢٠/٦	١٧/٩	٥٠/١	٠	٠/٦	٧	٧/٦
یزد	١٦/٣	٢٨/٦	١٧/٧	٦٢/٦	٠	٠	٠	٠	١٢/٩	٢١/٧	١٦/٣	٥٠/٩	٠/٥	٥/١	٢٢/٢	٢٧/٧

مشخص است که برای فصل بهار در بیشتر شهرهای بررسی‌شده (٨ شهر) شرایط خنک همراه با آسایش برتری داشته است و شرایط آسایش کامل برای سه شهر اهواز، اصفهان و یزد فراوانی بیشتری داشته است. در ستون مجموع شرایط آسایشی برای فصل بهار، شهر همدان بیشترین درصد فراوانی شرایط آسایشی را داشته است. برای فصل تابستان مشخص است که در همه شهرهای بررسی‌شده کمترین درصد فراوانی شرایط آسایشی حاکم است. از میان سه سطح آسایشی، «آستانه گرم همراه با آسایش» برتری نسبی داشته است. از شهرهای بررسی‌شده، تبریز با مجموع ٢١ درصد شرایط آسایشی، با اختلاف وضعیت بهتری در بین دیگر شهرها داشته است. اهواز، بندرعباس، کرمان و یزد هیچ موردی از هیچ‌یک از سطوح آسایشی را در این فصل تجربه نکرده‌اند. بیشترین درصد فراوانی شرایط آسایش کامل برای فصل پاییز برآورد شده است؛ به‌گونه‌ای‌که در ٩ شهر از ١٣ شهر به‌عنوان آستانه غالب خود را نشان داده است. در این فصل، همدان و کرمان شرایط بهتری در مقایسه با دیگر شهرها داشتند و همچون دو فصل قبل، بندرعباس با ٢٠/٩ و اهواز با ٣٥ درصد کمترین

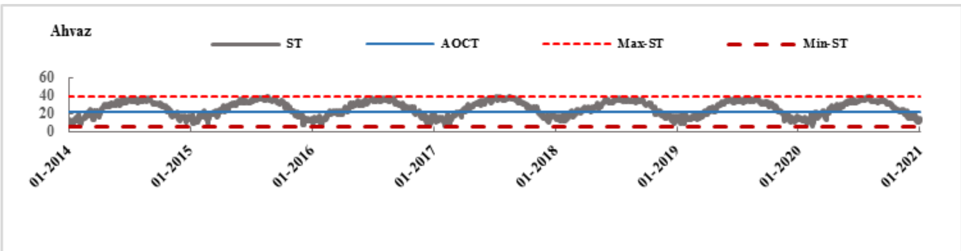
سهم را داشتند. در فصل زمستان در بین سه سطح آسایش بررسی‌شده، آستانه خنک همـراه بـا آسایش درصد فراوانی بیشتری داشته است. در این فصل، تنها ایستگاه تبریـز اسـت کـه هـیچ موردی از آسایش حرارتی را ثبـت نکـرده اسـت. خالـدی و همکـاران (۱۳۹۸، ص. ۷۳) نیـز براساس خروجی چند شاخص زیست‌اقلیمی ازجملـه PMVو SET، شـرایط آسایشـی ایـن فصل را برای تبریز بسیار محدود ارزیابی کردند. نکتـه درخـور توجـه، دربـاره شـهر سـاحلی بندرعباس است که شرایط آسایش کامل، نزدیک به ٦٢ درصد از روزهای این فصـل را در بـر گرفته است و اگر مجموع سه سطح آسایش را در نظر بگیریم، حدود ۹۹ درصـد از روزهـای فصل زمستان برای شهر بندرعباس در محدوده آسایش قرار می‌گیرند که خود گویای ظرفیـت زیاد سواحل جنوبی کشور در دوره سرد سال در این زمینه است. مطالعـه حنفـی (۱۳۹۹، ص. ۲۵۳) نیز نشان داد، در فصل زمستان، مناسب‌ترین شرایط آسایش اقلیمی به شـهرهای جنـوبی کشور مربوط است که بندرعباس و اهواز در رأس آن‌ها قرار دارند.

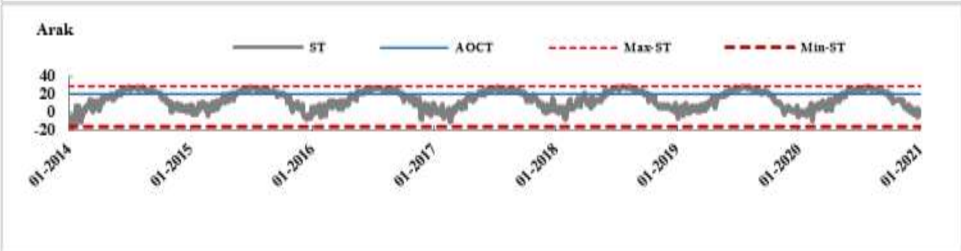
در شکل ۳ به‌منظور بررسی تغییرات شاخص دمای احساسی نسبت به موقعیت دمای بهینه آسایش واقعی (AOCT)، مقادیر روزانه شاخص (ST) برای دهه پایانی دوره آمـاری ترسـیم شده است. بررسی نمودارها نشان می‌دهد، الگوی سینوسی کلی برای همه شهرها در نگاه اول مشترک به نظر می‌رسد که بیانگر تأثیرپذیری قابل‌توجه ST از پارامتر دما و به تبـع پیـروی از الگوی تغییرات دما در طول سال است، اما نگاه دقیق‌تر بـه نمودارهـای مربـوط بـه شـهرهای بررسی‌شده تفاوت‌های قابل‌بحثی را نشـان می‌دهـد. بـا وجـود اینکـه مقـادیر AOCT بـرای شهرهای بررسی‌شده تفاوت قابل‌توجهی را نشان نداده و دامنه آن از ۲۰,٤۷ تـا ۲۲,۲۳ متغیـر بوده است، اما حد بالا و پایین شاخص دمای احساسی، دامنه نوسان متنوعی را در هر ایسـتگاه نشان داده است که بیشترین آن به اهواز (۳۸,۵۵) و کمترین به همدان (۱٦,۹۳-) مربوط بـوده است.

موقعیت خط AOCT نشان می‌دهـد، بـه جـز بنـدرعباس و اهـواز بـرای دیگـر شـهرها، شاخص ST در بخش قابل‌توجهی از هر سیکل سالانه پایین‌تر از دمای بهینه آسایش قرار دارد؛ البته باید در نظر داشت که هر فاصله‌ای از خـط AOCT بـه معنـای خـروج از بانـد آسـایش نیست. این فاصله برای شاخص دمای احساسی محاسبه‌شده در شهر همدان بیشترین نمـود را

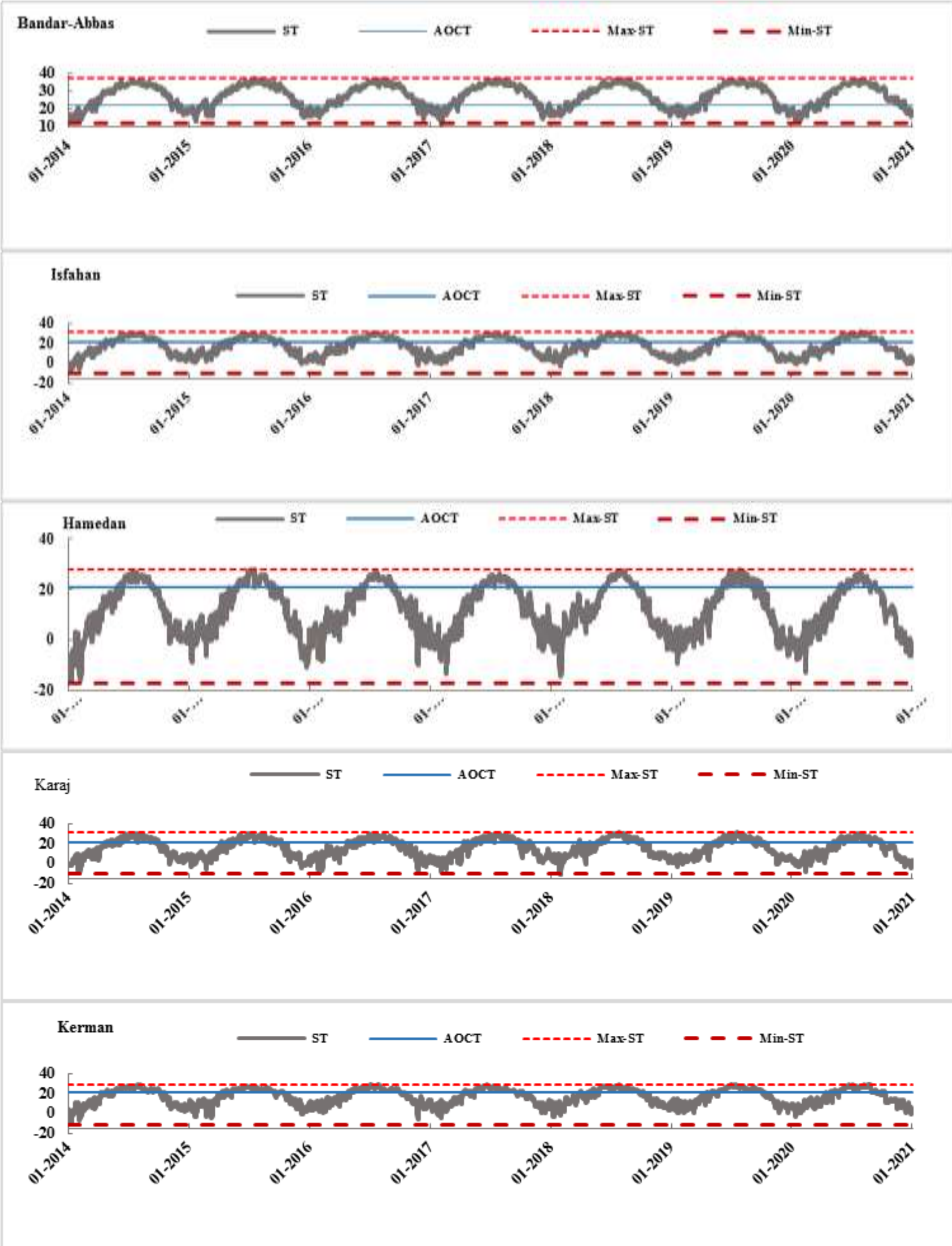
داشته است که تأییدی بر سهم زیاد تنش‌های سرمایی در این شهر است؛ آن‌گونه که برای اهواز و بندرعباس عکس این رویداد با تقویت تنش‌های گرما قابل‌تشخیص است. علاوه بر این، به‌جز برای دو شهر مذکور که دمای بهینه آسایش در حد واسط کمینه و بیشینه شاخص ST واقع شده است، برای دیگر شهرها کاملاً نزدیک به مقادیر بیشینه شاخص ترسیم شده است.

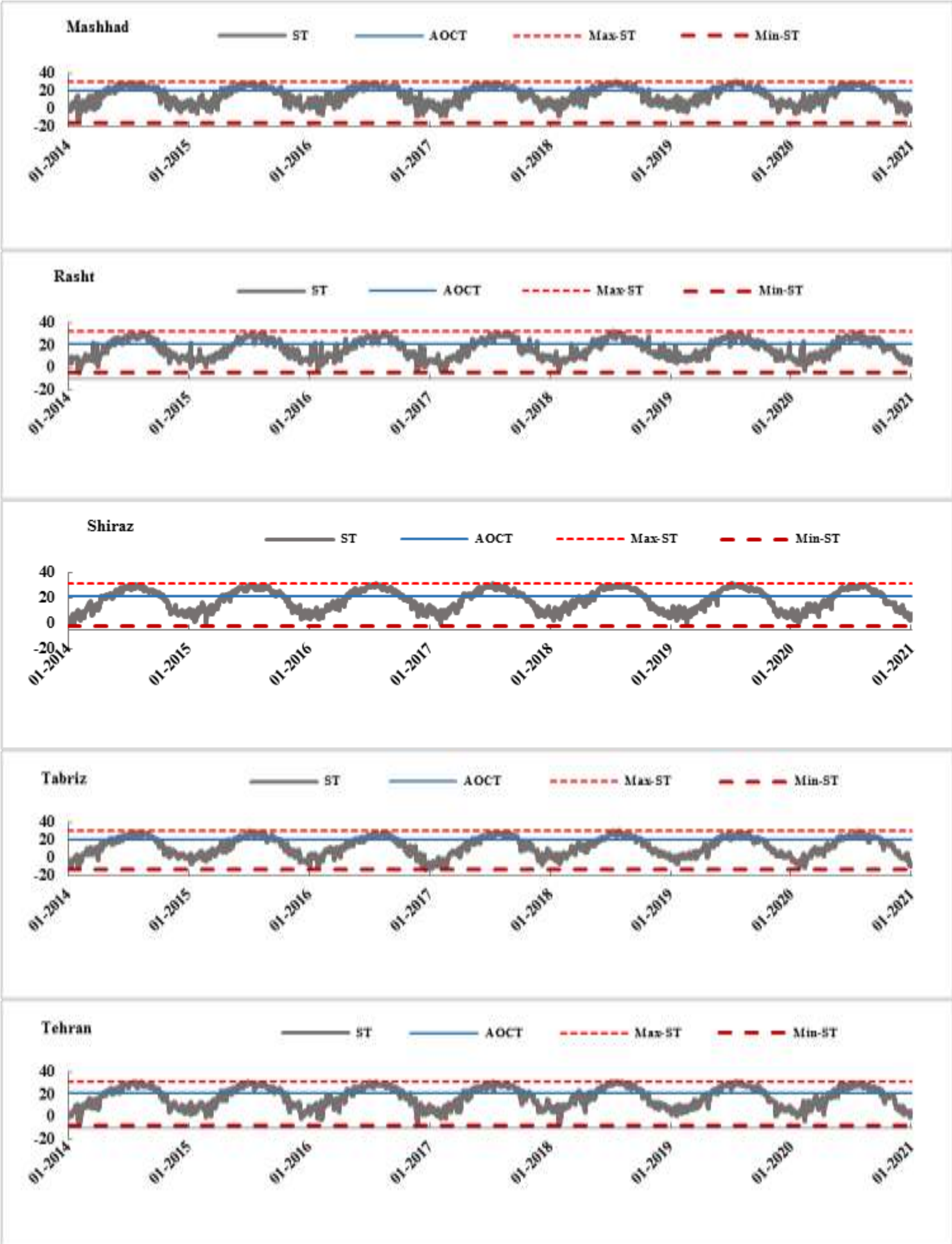
ثبت مقادیر فرین شاخص در دوره سرد و گرم باعث شده است که الگوی سینوسی از حالت هموار[1] خارج شود که در این بین، سهم فرین‌های سرمایشی مشهودتر است (به نمودار همدان دقت شود)؛ البته باید متذکر شد که این بی‌نظمی‌ها گاهی اوقات فرم معکوس به خود گرفته است؛ به‌عنوان‌مثال، در دوره سرد سال شاهد افزایش قابل‌توجه مقادیر شاخص ST هستیم؛ افزایشی که در برخی موارد حتی می‌تواند به مرز تنش گرمایی برسد (به نمودار رشت دقت شود). در این باره برای هیچ‌یک از شهرهای بررسی‌شده، کاهش قابل‌توجه در شاخص برای دوره گرم سال مشاهده نمی‌شود که به‌طور مشخص بازخوردی از شرایط پایدارتر اقلیم در این دوره از سال است.

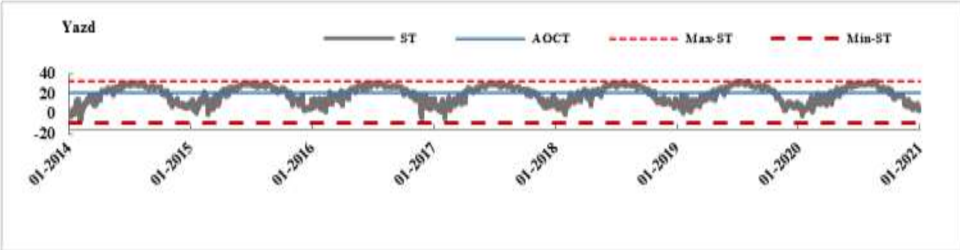




1. Smooth


Bandar-Abbas
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
30
20
10
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Isfahan
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Hamedan
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
Karaj
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Kerman
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021


Mashhad
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Rasht
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Shiraz
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Tabriz
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021
Tehran
ST
AOCT
Max-ST
Min-ST
40
20
0
-20
01-2014
01-2015
01-2016
01-2017
01-2018
01-2019
01-2020
01-2021



شکل ۳. شاخص احساس حرارتی و AOCT

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه شاخص دمای احساسی (ST) ترکیبی از عملکرد فراسنج‌های آب و هوایی و ویژگی‌های جغرافیایی (عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل) را استفاده می‌کند، قابلیت زیادی در ارزیابی شرایط آسایش حرارتی دارد. مهم‌ترین خروجی‌های این شاخص در ۱۱ رتبه تعریف‌شده برای کلان‌شهرهای ایران نشان دادند، بیشترین درصد فراوانی احساس حرارتی داغ به شهرهای بندرعباس و اهواز به‌ترتیب با ٤۱/۸۸ و ٤۰/۵۹ درصد مربوط بوده است. پژوهش‌های متعدد براساس شاخص‌های مختلف نیز این نتیجه را برای دو شهر مذکور تأیید کرده‌اند؛ ازجمله پژوهش فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۸، ص. ۳۳) که ارزیابی شرایط بیوکلیمایی در شهر بندرعباس را مطالعه کردند. نتایج بیان‌کننده شرایط نبود آسایش کامل برای این شهر بود که دارای اقلیم گرم و خشک است. همچنین باعقیده و همکاران (۱۳۹۷، ۱) نشان دادند، در دوره گرم سال شدیدترین تنش‌های حرارتی در سواحل جنوب به‌خصوص جزایر روی می‌دهد، اما در سواحل شمالی تنها تنش‌های سرمایی ثبت شده است که شدت زیاد نیز ندارند؛ این در حالی است که شهر یزد با فاصله قابل‌توجه نسبت به دو شهر مذکور (۱۰/۳۲ درصد) در رتبه سوم قرار دارد. برای شهرهای همدان و کرمان هیچ موردی از تنش حرارتی در آستانه مدنظر (داغ) ثبت نشده است. این موضوع برای همدان با توجه به توپوگرافی و عرض جغرافیایی آن، دور از ذهن نیست، اما برای شهر کرمان به نظر می‌رسد که پارامتر ارتفاع (بالاترین ارتفاع در بین ایستگاه‌های بررسی‌شده) بیشترین نقش را در این زمینه ایفا کرده است؛ چراکه در محاسبه شاخص (ST) وزن درخور توجهی برای ارتفاع در نظر

گرفته شده است؛ به‌گونه‌ای‌که می‌تواند حتی اثر کاهشی عرض جغرافیایی کم را تا حد چشمگیری جبران کند.

آستانه ($18\text{-}D<ST\leq22.7\text{-}D$) در شاخص ST بیانگر وجود شرایط «آسایش کامل» حرارتی است که درصد فراوانی برای شهر بندرعباس ۲۱/۲۷ و سپس برای اهواز ۱۵/۳۶ درصد بوده است. شرایط آسایشی بندرعباس و اهواز در بسیاری از سطوح شاخص دمای احساسی به هم نزدیک‌اند و تنها تفاوت قابل‌توجه در سطح «خنک همراه با آسایش» است که باعث شده است اهواز تعداد روزهای آسایشی کمتری در مقایسه با بندرعباس داشته باشد؛ به‌گونه‌ای‌که اگر آستانه‌های قبل و بعد از آستانه آسایش یعنی (گرم همراه با آسایش و خنک همراه با آسایش) رانیز به‌عنوان محدوده آسایش در نظر بگیریم، مجموع این آستانه‌ها برای شهرهای بندرعباس و اهواز بسیار نزدیک به هم خواهد بود.

اختلاف قابل‌توجه در درصد فراوانی روزهای همراه با آسایش حرارتی برای شهر بندرعباس با دیگر شهرهای بررسی‌شده، در درجه اول به سهم بسیار ناچیز (نزدیک به صفر) آستانه‌های «خیلی سرد، سرد، کمی سرد و خنک» برای این شهر برمی‌گردد. در آستانه خنک همراه با آسایش نیز بندرعباس پایین‌ترین رتبه (۷/۳۹ درصد) را در بین شهرها داشته است؛ به این ترتیب، بیش از ۹۲/۵ درصد از روزهای بررسی‌شده در دوره آماری در محدوده خارج از تنش‌های سرد قرار داشته است که از این بین، ۲۱/۲۷ درصد به شرایط «آسایش حرارتی» مربوط بوده و بقیه در محدوده تنش‌های حرارتی گرم توزیع شده است؛ به‌عبارتی، چند ماه از سال به‌طور کامل توسط بیشترین تنش‌های گرمایی (داغ و خیلی‌گرم) از شرایط آسایش به دور هستند، اما به‌دلیل نبود تنش‌های سرمایی در این شهر، ماه‌های دیگر سال به شرایط آسایش حرارتی نزدیک‌تر شده‌اند. در پژوهش‌های انجام‌شده، درصد زیاد روزهای همراه با آسایش در دوره سرد سال برای شهرهای جنوبی ایران، در شاخص‌های دیگر بیوکلیمایی نیز نمود داشته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۵) و زارع ابیانه (۱۳۹۳، ۲۰۱) اشاره کرد.

در کاربرد شاخص ST برخلاف بسیاری از مدل‌های ارائه‌شده، استفاده از تمام فراسنج‌های اصلی آب و هوایی مؤثر در شرایط آسایش انسانی، میسر شده است؛ ضمن اینکه همراهی این

پارامترها در کنار ویژگی‌های مکانی و زمانی (عرض جغرافیایی، ارتفاع و فصل) طیف گسترده‌ای به جنبه‌های کاربردی این روش داده است. مدل مذکور به لحاظ اعمال تصحیحات متنوع، قابلیت استفاده در گستره قابل‌توجهی از عرض‌های جغرافیایی و مناطق با ارتفاع متفاوت از سطح دریا را دارد و به گفته وانگ (۲۰۱۳)، این ویژگی‌ها می‌توانند تأییدی بر ظرفیت قابل‌توجه آن برای تبدیل‌شدن به یک مدل جهانی[1] باشند.

حمایت مالی

این مطالعه بخشی از طرح پژوهشی با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران (INSF) به شماره گرنت (۹۹۰۲۲۷۱۲) است.

کتابنامه

۱. بامری نژاد، ف.، کشتکار، ا.ر.، کریم پورریحان، م.، افضلی، ع. (۱۳۹۸). به‌کارگیری شاخص‌های اقلیمی در تعیین مناطق مستعد گردشگری استان کرمان. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳(۳۰)، ۹۸–۷۸.

۲. حنفی، ع. (۱۳۹۹). تعیین تقویم زمانی آسایش اقلیمی به‌منظور برنامه‌ریزی گردشگری در شهرهای منتخب توریستی کشور. *مجله مهندسی جغرافیای سرزمین*، ۲(۴)، ۲۷۴–۲۵۹.

۳. خالدی، ش.، کریمی، ی.، ابدالی، ح.، و محمدی، غ. (۱۳۹۸). تحلیل شاخص‌های اقلیم آسایش و ارتباط آن با گردشگری در شهر تبریز. *توسعه پایدار محیط جغرافیایی*، ۱، ۸۱–۷۳.

۴. خوش‌نفس، م.، و صداقت، م. (۱۳۹۴). بررسی آسایش اقلیمی با استفاده از شاخص درجه سختی هوا (مطالعه موردی: شمال غرب ایران)، فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی، ۱(۲)، ۱۰۴–۹۱.

۵. ذوالفقاری، ح. (۱۳۹۵). *آب و هواشناسی توریسم*. تهران: سمت.

۶. علیجانی، ب.، و رضوی، ز. (۱۳۹۶). مقایسه شاخص‌های آسایش برای ارزیابی راحتی اقلیمی شهر تهران. *اندیشه جغرافیایی*، ۱۶(۸)، ۱۶۹–۱۴۵.

1. Universal

7. Baaghideh, M., Shakeri, F., & Mayvaneh, F. (2017). Comparative study of thermal stress on North and South Coasts of Iran. *Journal of Health Research in Community*, *3*(3), 1-11.
8. Blazejczyk, K. (2005). New indices to assess thermal risks outdoors. Paper presented at the *Environmental rgonomics XI, Proc. of the 11th International Conference* (pp. 222 -225). Ystat, Sweden.
9. Burton, I., Ebi, K. L., & McGregor, G. (2009). *Biometeorology for adaptation to climate variability and change* (3rd ed.). Cham: Springer.
10. Cheng, V., Ng, E., Chan, C., & Givoni, B. (2012). Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*, *56*(1), 43-56.
11. Cocci Grifoni, R., Pierantozzi, M., & Tascini, S. (2012). Outdoor thermal comfort and local climate change: Exploring connections, PLEA2012 . Paper presented at the *28th Conference*, *Opportunities*, *Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture Lima*, Perú.
12. Coccolo, S., Kämpf, J., Scartezzini, J.-L., & Pearlmutter, D. (2016). Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. *Journal of Urban Climate*, *18*, 33-57.
13. de Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: Evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, *48*(1), 45-54.
14. Falbo, C. (2005). The golden ratio—a contrary viewpoint. *The College Mathematics Journal*, *36*(2), 123-134.
15. Fallah Ghalhari, G. A., Shakeri, F., Abbasinia, M., Ghanadzadeh, M. J., Asghari, M., & Tajik, R. (2019). Use of becker and neurotic pressure bioclimatic indices in the assessment of thermal comfort in outdoor environments based on meteorological data: Case study in three different climates of Iran. *Iran Occupational Health Journal*, *16*(1), 33-46.
16. Fallah Ghalhari, G., Esmaili, R., & Shakeri, F. (2016). Assessing the seasonal variability of thermal stresses during the last half century in some climatic zones of Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*, *9*(2), 233-246.
17. Hounam, C. E. (1967). Meteorological factors affecting comfort with special reference to Alice Springs,Australia. *International Journal of Biometeorology*, *11*(2),151-162.
18. Ismail, A. R., Jusoh, N., Zulkifli, R., Sopian K., & Deros, B. M. (2009). Thermal comfort assessment: a case study at Malaysian automotive industry. *American Journal of Applied Sciences*, *6*(8),1495-1501.
19. Longin, F. (2016). *Extreme events in finance: A handbook of extreme value theory and its applications*. Hoboken: New Jersy: John Wiley & Sons.
20. Matsukawa, T., Ozaki, M., Hanagata, K., Iwashita, H., Miyaji, T., & Kumazawa, T. (1996). A comparison of four infrared tympanic thermometers with tympanic membrane temperatures measured by thermocouples. *Canadian Journal of Anaesthesia*, *43*(12), 1224-1228.

21. Nastos, P. T., & Matzarakis, A. (2012). The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, *108*(3-4), 591-599.
22. Potchter, O., Cohen, P., Lin, T.-P., & Matzarakis, A. (2018). Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. *Science of the Total Environment*, *631*, 390-406.
23. Terjung, W. H. (1968). World patterns of the monthly comfort index. *International journal of Biometeorology*, *12*(2), 119-151.
24. Tseliou, A., Tsiros, I. X., Lykoudis, S., & Nikolopoulou, M. (2010). An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions. *Building and Environment*, *45*(5), 1346-1352.
25. Van Dana, S. Anish S., & Kumari S. (2015): Analysis on effect of cold stress in bean seeds (Pharsalus Vulgaris l). *American Journal of Bio Science*, *3*(4), 145-166.
26. Vellei, M., Herrera, M., Fosas, D., & Natarajan, S. (2017). The influence of relative humidity on adaptive thermal comfort. Building and Environment, 124, 171-185.
27. Wang, J. (2013). *China air quality online monitoring and analysis platform*. https://www.aqistudy.cn/historydata/.
28. Wang, S., Ma, P., Shang, K., et al. (2013). *CN103106336A*. Retrieved from http://www.wanfangdata.com.cn/details/detail.do?_type=patent&id=CN201210596366.0
29. Yahia, M. W., & Johansson, E. (2013). Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *International Journal of Biometeorology*, *57*(4), 615-630.
30. Yuan, M., Liu, X., Guo, J., Huang, Y., & Song, W. (2021). Analysis of eco-tourism climate resources in xingwen, china based on the comfort index and the negative air (Oxygen) Ion. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, *9*(3), 154-163.
31. ZareAbyaneh, H. (2014). Study of human comfort based on bio-climate index in warm and arid regions of Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, *20*(6), 201-218.
32. Zhang, S., Wang, B., Wang, S., Hu, W., Wen, X., Shao, P., & Fan, J. (2020). Influence of air pollution on human comfort in five typical Chinese cities. *Environmental Research*, 1-10.
33. Zhang, S., Wang, B., Wang, S., Hu, W., Wen, X., Shao, P., & Fan, J. (2021). Influence of air pollution on human comfort in five typical Chinese cities. *Environmental Research*, *195*, 1-10.